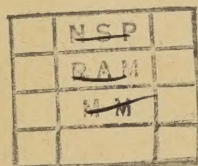
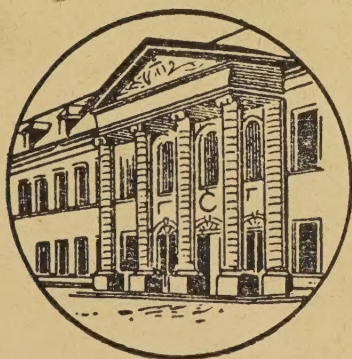


INSTITUT AGRONOMIQUE DE L'ETAT A GEMBOLOUX

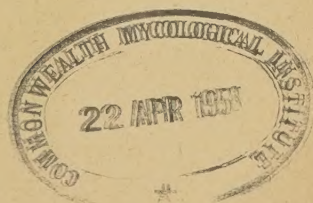
Tome XXV, n^{os} 3-4.

1957

BULLETIN
DE
L'INSTITUT AGRONOMIQUE
ET DES
STATIONS DE RECHERCHES
DE
GEMBOLOUX



IMPRIMERIE G. I. C.
61, Av. de la Liberté, 61
BRUXELLES



Sommaire

GERLAXHE, S. et CASIMIR, J. — Séparation par chromatoelectrorhéophorèse sur papier du saccharose, du glucose, du fructose et du sorbitol . . .	265
HANOTIAUX, G. — Contribution à l'étude physico-chimique et pédogénétique de sols bruns acides et formations voisines de l'Ardenne belge . . .	269
JAMOTTE, P. et PIRAUX, E. — Indices de réfraction et caractéristiques de consistance des beurres belges	297
KIRCHMANN, R. — Etude expérimentale de l'influence de quelques facteurs sur le temps mort des tubes Geiger-Müller par la méthode des coïncidences retardées	329
LALOUX, R. — Essais de fumure au moyen de divers types d'engrais sur betteraves sucrières	339
LEDENT, A. — Considérations sur la productivité de l'agriculture belge . .	353
LEDENT, A. — Evolution récente de l'économie agricole belge	387
MOTTET, A. — Considérations sur les qualités physiques, mécaniques et papetières du pin sylvestre	404
TONNARD, V. — A propos des coulées pierreuses du plateau de Saint-Hubert-Nassogne. - Principaux résultats acquis depuis 1954	421
Livres reçus	442
Erratum au Tome XXV, n ^{os} 1-2, p. 199	443
Communiqué. — Prix Gilbert Mullie des Sciences agricoles - Période quinquennale 1954-1958	443
Table des matières du Tome XXV, 1957	444

Les articles sont publiés sous la seule responsabilité de leurs auteurs.

Le Bulletin de l'Institut Agronomique et des Stations de Recherches de Gembloux paraît normalement quatre fois par an.

Le prix de l'abonnement est de 175 francs par an, somme à verser au compte de chèques postaux n° 7621.08 du Bulletin de l'Institut Agronomique de Gembloux (Belgique) ou à payer par mandat postal.

Prix du présent numéro : 100 francs. Pour la commande, prière de s'adresser au Secrétariat du *Bulletin*.

a) Le Bulletin sera envoyé en échange des publications similaires des Etablissements d'Enseignement Supérieur, des publications périodiques des Sociétés scientifiques et des Revues Scientifiques en général.

b) Tout ouvrage scientifique dont un exemplaire est adressé à la Rédaction, sera signalé sous la rubrique « Livres reçus ».

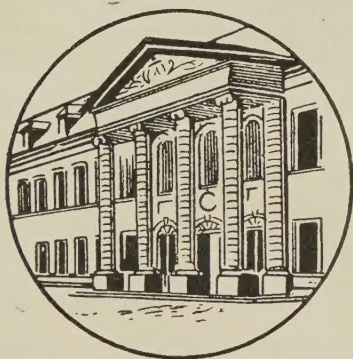
Toute reproduction des articles parus dans le Bulletin est strictement interdite sans autorisation du Comité de Rédaction.

INSTITUT AGRONOMIQUE DE L'ETAT A GEMBOLOUX

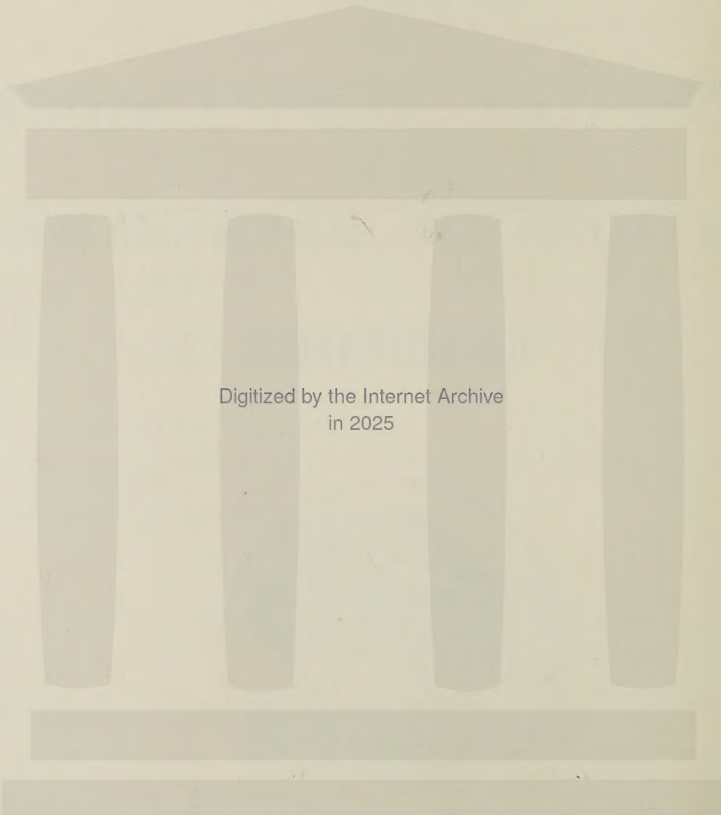
Tome XXV, n^{os} 3-4.

1957

BULLETIN
DE
L'INSTITUT AGRONOMIQUE
ET DES
STATIONS DE RECHERCHES
DE
GEMBOLOUX



IMPRIMERIE G. I. C.
61, Av. de la Liberté, 61
B R U X E L L E S



Digitized by the Internet Archive
in 2025

Séparation par chromatoelectrorhéophorèse sur papier du saccharose, du glucose, du fructose et du sorbitol (*)

par

S. GERLAXHE et J. CASIMIR

INTRODUCTION

Différents auteurs ont appliqué l'électrophorèse sur papier à l'étude de l'analyse des sucres. CONSDEN et STANIER (1) ont étudié la migration électrophorétique d'une série de sucres avec des tampons au borate à différents pH ; à pH = 8,6, pour 10,3 volts/cm pendant 215 minutes, ils arrivent à séparer le mannose, le galactose, et le sorbose et ils proposent l'utilisation d'une méthode combinant la chromatographie et l'électrophorèse pour la séparation de mélanges plus complexes. D'autres auteurs ont prouvé également que l'utilisation de l'électrophorèse sur papier permettait la détermination des sucres à l'aide de tampons boratés et d'une tension de 200 à 300 volts (2, 3, 4). La séparation des pentoses et des hexoses ainsi que celle des mono-, di- et autres oligosaccharides est relativement aisée; la séparation des mono- et des disaccharides entr'eux semble plus difficile.

Plusieurs auteurs utilisent des potentiels élevés pour séparer les sucres par électrophorèse sur papier (5, 6). GROSS (7) décrit la séparation des sucres et des polyalcools à l'aide d'une solution de borate 0,05 M à pH = 9,2 pendant trois heures à 2.000 volts ; il parvient à séparer le mannitol et le glucose ou le sorbitol et le fructose ; il sépare également par cette méthode les trois hexitols.

Dans une précédente publication, nous avons étudié la séparation chromatographique sur papier du saccharose, du glucose, du fructose et du sorbitol qui sont présents dans de nombreux milieux biologiques (8). L'opération a été réalisée soit bidimensionnellement en utilisant des développements doubles, soit par la technique permettant un développement prolongé grâce à la fixation au bas du papier d'un tampon d'ouate absorbant.

La chromatographie sur papier suivie de l'électrorhéophorèse a été utilisée avec succès pour la séparation des acides aminés (9, 10). Nous avons

(*) Déposé à la rédaction le 24 mai 1957.

examiné le problème de la séparation du saccharose, du glucose, du fructose et du sorbitol par l'emploi de ces deux techniques également combinées. Pour révéler les sucres, nous avons vaporisé sur le papier le réactif précédemment mis au point : solution alcoolique de taurocholate de sodium 0,5 % en présence de 10 % d'acide orthophosphorique (11) puis, après séchage, nous avons utilisé le réactif à la benzidine selon HORROCKS (12). Le sorbitol a été révélé par une solution légèrement basique de NaIO_4 et de KMnO_4 (13) ; puis, après révélation, on obtient des spots bruns sur un fond presque blanc ; les sucres sont également révélés, le saccharose réagit cependant assez difficilement.

RESULTATS

Migration électrorhéophorétique de différents sucres et polyalcools

Nous avons utilisé des solutions à 1 % des sucres et polyalcools ; nous avons effectué l'électrorhéophorèse sur papier Whatman n° 1 sous une tension de 300 volts pendant 3 heures. Le tampon suivant a été employé : solution d'acide borique 0,2 m et de NaCl 0,05 m additionnée de borax 0,05 m pour obtenir les pH 7, 7,5 et 8,3, le borax pur à pH = 9,2 et le borax additionné de NaOH 0,1 m pour obtenir un pH = 9,7.

Nous avons rapporté les différentes mobilités des sucres et des polyalcools à celle du saccharose prise comme unité. Ce dernier possède la plus petite mobilité quel que soit le pH pour les différentes expériences que nous avons réalisées et la valeur de M_s sera toujours supérieure à l'unité ; une différence de 0,1 unité M_s correspond à une distance de 5 mm entre les centres des spots de deux substances.

$$M_s = \frac{\text{distance parcourue par la substance.}}{\text{distance parcourue par le saccharose.}}$$

TABLEAU I. — Valeurs des M_s des sucres et des polyalcools.

pH =	7	7,5	8	8,3	9,2	9,8
Saccharose . . .	1	1	1	1	1	1
Fructose . . .	1,8	2,3	2,6	2,7	2,9	2,3
Glucose . . .	1,1	1,4	2,0	2,3	3,1	2,5
Sorbitol . . .	1,8	2,3	2,4	2,6	2,8	2,1
Dulcitol . . .	1,7	2,2	2,5	2,9	3,1	2,3
Mannitol . . .	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	2,1
Erythritol . . .	1,1	1,3	1,6	1,8	2,3	1,8

On remarque que la séparation de la paire sorbitol ou mannitol-glucose est particulièrement aisée ; le fructose et le sorbitol ne sont pas séparés.

Séparation par chromatélectrorhéophorèse

On sépare par chromatographie sur papier avec le solvant benzène-butanol-pyridine- H_2O , 1-5-3-3, le glucose, le fructose et le saccharose ; le glucose et le sorbitol possèdent des R_f identiques. L'électrorhéophorèse sur papier permet la différenciation des spots du glucose et du sorbitol. La chromatographie sur papier avec le solvant indiqué suivie d'une électrorhéophorèse à $pH = 7$ ou $7,5$ permet d'obtenir une bonne séparation du glucose, du fructose, du saccharose et du sorbitol.

La fig. 1 schématise une opération de ce genre, l'électrorhéophorèse étant réalisée à $pH 7$.

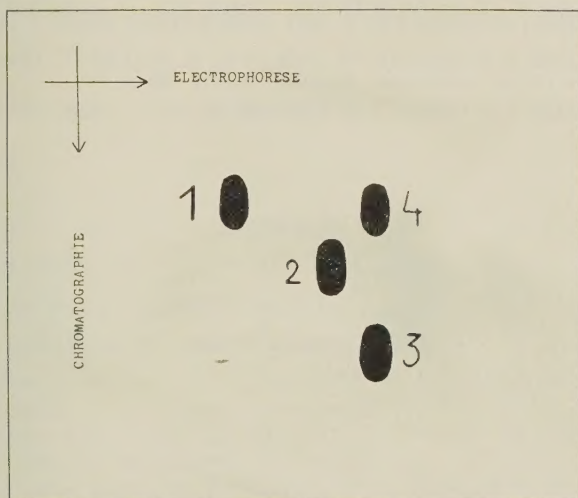


FIGURE 1.

Séparation du saccharose (1), du glucose (2), du fructose (3) et du sorbitol

Il est difficile d'opérer la chromatographie et l'électrorhéophorèse sur la même feuille de papier, les résultats sont peu satisfaisants. Aussi, on réalise d'abord la chromatographie sur une bande de papier de 0,5 à 1 cm de largeur. La bande est placée sur la feuille servant à l'électrorhéophorèse, la vaporisation du tampon lui permet d'adhérer parfaitement et pour obtenir un résultat comparable à celui que nous venons de décrire l'électrorhéophorèse doit avoir une durée de cinq heures.

RESUME

Les auteurs ont séparé le saccharose, le glucose, le fructose et le sorbitol par chromatélectrorhéophorèse sur papier ; le mélange benzène-butanol-pyridine-eau 1-5-3-3 est utilisé pour la chromatographie et un tampon boraté à $pH = 7$ ou $7,5$ pour l'électrorhéophorèse.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) CONSDEN, R. et STANIER, W. M., 1952. — *Nature*, **169**, 783.
 - (2) JAENICKE, L., 1952. — *Naturwiss.*, **39**, 1.
 - (3) MICHEEL, F. et VAN DE KAMP, F. P., 1952. — *Angew. Chem.*, **64**, 607.
 - (4) GALOS, B. et OSTROWSKI, W., 1954. — *Bull. Acad. Polon. Sci. Classe II*, p. 261.
 - (5) FOSTER, A. B., 1952. — *Chem. and Industr.*, p. 1050.
 - (6) MICHL, H., 1952. — *Monatsh. Chem.*, **83**, 737.
 - (7) GROSS, D., 1953. — *Nature*, **172**, 908.
GROSS, D., 1955. — *Nature*, **176**, 362.
 - (8) HUYGENS, R. et CASIMIR, J., 1953. — *Bull. Inst. agron. et Stat. Rech. Gembloux*, **21**, 8.
 - (9) GERLAXHE, S. et RENARD, M., 1954. — *C. R. du XXVII^{me} Congrès International de Chimie Industrielle, Bruxelles*, volume **III**, p. 509.
 - (10) GERLAXHE, S., CASIMIR, J. et RENARD, M., 1957. — *Bull. Soc. Chim. Belg.*, **66**, 251.
-

LABORATOIRE DE PEDOLOGIE

Contribution à l'étude physico-chimique
et pédogénétique de sols bruns acides
et formations voisines de l'Ardenne belge (*)

par

G. HANOTIAUX

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	270
II. DESCRIPTION DU MATERIEL D'ETUDE	270
III. ETUDE GENERALE DU MILIEU LITHOLOGIQUE	272
A. <i>Analyses diverses</i>	272
a) Humus	272
b) pH - H ₂ O	274
c) Coefficient de sorption	274
d) Analyse totale : Na, K, Ca, P ₂ O ₅ , Fe ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , TiO ₂	274
e) Caractéristiques granulométriques	276
f) Minéralogie des argiles	282
B. <i>Conclusions</i>	282
a) Nature des roches-mères pédologiques	282
b) Origine des dépôts loessiques ardennais	283
c) Propriétés du complexe physico-chimique	285
IV. LE COMPORTEMENT DU FER	285
a) Les complexes du fer, notions théoriques	285
b) Les techniques employées	285
c) Courbes théoriques de mobilité du fer	287
d) Courbes de mobilité du fer des différents profils	289
e) Conclusions. 1. Différenciation des <i>sols bruns acides</i> , des <i>sols bruns ocreux</i> et des <i>sols podzoliques</i>	293
2. Influence de la gleyification	294
3. Influence du type d'humus	295

(*) Déposé à la rédaction le 21 octobre 1957.

I. — INTRODUCTION

Ces dernières années, les sols forestiers de l'Ardenne belge ont fait l'objet d'études de cartographie régionale et de pédogénèse basées surtout sur des données morphologiques (1), (2), (3).

D'autre part, ces sols ont donné lieu à une première série de recherches de laboratoire entreprises par G. MANIL et al. (4), dans le but de découvrir la signification écologique et pédologique d'une série de déterminations courantes, en s'aidant de la critique statistique.

La présente étude apporte une contribution nouvelle destinée à fournir certaines précisions d'intérêt pédogénétique. Certaines conclusions de ce travail ont déjà fait l'objet d'une communication au VI^{me} Congrès International de la Science du sol (5).

Le travail concerne spécialement quatre sujets :

- a) les roches-mères pédologiques dont l'examen est apparu nécessaire pour une définition plus précise du matériel parental, siège des phénomènes pédogénétiques ;
- b) une hypothèse sur l'origine des dépôts loessiques ardennais ;
- c) certaines propriétés chimiques et physico-chimiques de ces sols
- d) les propriétés du fer « libre » en rapport avec différents processus pédogénétiques.

Les profils étudiés ont été choisis pour leurs roches-mères et leurs pédogénèses caractéristiques sur le plateau de Saint-Hubert, domaine de Saint-Michel. Leur description sommaire est exposée ci-après.

II. — DESCRIPTION DU MATERIEL D'ETUDE

PROFIL I : *Sol brun ocreux avec micro-podzol en surface*
(*sol brun podzolique*)

1. 0-3 cm : A₁ — horizon du type *moder-mor* et A₂ du micro-podzol.
2. 3-8 cm : partie supérieure de l'horizon ocreux avec un B du podzol superficiel, structure finement granulaire.
3. 8-35 cm : B₁ — (A₂₁) — partie supérieure de l'horizon ocreux à la limite inférieure du micro-podzol, structure finement granulaire.
4. 35-55 cm : B₂ — (A₂₂) — partie inférieure de l'horizon ocreux à structure plus grossièrement granulaire.
5. 55-70 cm : C — caillouteux, à teinte oxydée normale, à structure plus compacte. La terre fine forme des patines plus ou moins épaisses réparties à la surface des cailloux.
6. 70-80 cm : C-D — niveau très caillouteux de schistes peu remaniés.

PROFIL II : *Sol brun acide de pente*
(exposition nord, inclinaison : 25 %)

1. 0-10 cm : A₁₁ — horizon grumeleux, humus du type *mull* acide.
2. 10-20 cm : A₁₂ — partie inférieure du A₁ à structure grumeleuse fine.
3. 20-35 cm : A₂₁ — horizon à structure grumeleuse peu développée, assez riche en infiltrations humifères.
4. 35-60 cm : A₂₂ — partie inférieure du précédent à structure plus compacte et à clivage polyédrique.
5. 60-80 cm : dépôt plus grisâtre d'un horizon caillouteux, proche de la roche en place (horizon C-D).

PROFIL III : *Sol brun acide de plateau* à sous-sol imperméable

1. 0-5 cm : A₁₁ — horizon humifère du type *moder* ; présence d'un micro-gley à la base de l'horizon ; structure compacte et tassée.
2. 5-15 cm : A₂₁ — horizon minéral avec infiltrations humifères, structure compacte.
3. 15-30 cm : A₂₂ — horizon finement grumeleux, importantes taches de marmorisation.
4. 30-50 cm : C — horizon plus grisâtre à structure plus compacte, délitage à tendance polyédrique ; sans patines nettes, taches de marmorisation.
5. 50-75 cm : F — horizon induré « *fragipan* ».

PROFIL IV : *Sol brun ocreux* (Brown podzolic soil)

1. 0-10 cm : A₁₁ — humus du type *moder*, brun noirâtre très foncé.
2. 10-25 cm : A₁₂ — zone d'infiltration mécanique du A₁₁.
3. 25-40 cm : B₂₁ — B ferrique bien caractéristique du *sol brun ocreux*, à structure finement grumeleuse (A₂₁).
4. 40-65 cm : B₂₂ — horizon semblable au B₁₁, à structure finement grumeleuse, mais de teinte plus claire.
5. 65-86 cm : B₃ — horizon de transition de teinte plus grise.
6. + de 85 cm : C — horizon à panachures grises et ocres à distribution irrégulière entre les fragments rocheux.
7. ... : C-D — bancs rocheux peu altérés avec infiltrations brunes, à structure polyédrique, insinuées dans les joints.

PROFIL V : *Horizons inférieurs d'un profil de podzol surimposé à un sol brun acide*

Le *podzol* proprement dit comporte un horizon A₁ d'une épaisseur anormalement grande à cause de sa situation dans un pierrier. Le A₂ se trouve également dans le pierrier.

Les horizons suivants ont été échantillonnés :

1. 0-35 cm : Bfe — B ferrique du *podzol* à facies de *sol brun ocreux*.
2. 35-50 cm : A₂ — horizon de teinte oxydée normale qui semble un A₂ de *sol brun acide* à structure grumeleuse mal développée.
3. 50-70 cm : C — horizon plus grisâtre partiellement réduit, à délitage polyédrique.
4. 70-85 cm : F — horizon irrégulier à facies de « *fragipan* » au contact des quartzites subhorizontaux en place à 1,10 m de profondeur.

PROFIL VI : *Sol brun acide de plateau à sous-sol perméable*

Humus du type *moder* avec très mince horizon A₁ non échantillonné.

1. 3-20 cm : A₂₁ — horizon plus ou moins compact ou feuilleté.
2. 20-35 cm : A₂₂ — horizon à structure compacte à tendance grumeleuse.
3. 35-50 cm : A₂₃ — horizon à structure polyédrique mal développée.
4. 50-75 cm : C — horizon homogène de teinte plus pâle et grisâtre ; assez compact ; à délitage polyédrique.
5. 75-90 cm : F — horizon induré du type « *fragipan* », mais perméable à cet endroit.

III. — ETUDE GENERALE DU MILIEU LITHOLOGIQUE

A. — Analyses diverses

REMARQUE PREALABLE

Les déterminations dont les résultats figurent dans le tableau I ont été effectuées sur la terre fine passée au tamis de 0,5 mm après broyage ; celles du tableau V, sur la terre fine passée au tamis de 2 mm.

Il est évident que pour une étude écologique, la quantité de cailloux aurait une très grande importance.

a. — L'Humus

MODE OPERATOIRE

Dosage du C par voie humide (Walkley et Black).

TABLEAU I

	Na	K	Ca	P205	Fe203	SiO2	Al203	TiO2	pH eau	Tt	Hu- mus
<i>Profil I</i>											
h1: (A1)	0,38	1,34	0,2	0,125	4,59	63,61	8,47	—	—	19,2	13,74
h2: (Bfe)	0,46	1,53	0,24	0,138	—	69,68	11,91	—	3,6	15,0	5,39
h3: (B1)	0,56	1,61	0,43	0,124	7,29	71,12	11,90	1,9	4,2	9,8	2,85
h4: (B2)	0,55	1,78	0,23	0,145	8,94	71,68	9,23	2,02	4,5	5,9	1,66
h5: (C)	0,51	1,97	0,20	0,118	8,88	70,55	12,08	2,2	4,6	4,6	0,74
h6: (C-D)	0,60	2,59	0,23	0,150	6,34	67,99	16,79	2,15	4,5	5,2	0,42
<i>Profil II</i>											
h1: (A11)	0,35	1,31	0,19	0,131	4,21	75,34	9,35	1,41	4,3	10,6	4,45
h2: (A12)	0,36	1,53	0,15	0,082	3,68	77,02	9,12	1,8	4,3	5,2	2,08
h3: (A21)	0,37	1,69	0,20	0,089	4,76	78,01	9,22	1,64	4,4	5,1	0,85
h4: (A22)	0,39	1,96	0,17	0,082	5,03	78,59	9,53	1,88	5,1	3,8	0,19
h5: (C-D)	0,43	2,50	0,17	0,103	5,76	77,83	9,41	1,59	4,4	4,5	0,05
<i>Profil III</i>											
h1: (A1)	0,25	0,96	0,19	0,142	3,03	74,0	6,27	1,5	3,7	17,8	7,92
h2: (A21)	0,23	1,09	0,16	0,101	3,59	79,95	7,05	1,47	4,0	10,0	2,99
h3: (A22)	0,30	1,05	0,32	0,121	5,14	81,60	6,40	1,08	4,5	6,4	1,25
h4: (C)	0,25	1,12	0,21	0,092	4,06	80,80	8,52	1,43	4,4	5,7	0,6
h5: (F)	0,3	1,21	0,22	0,05	4,80	—	10,08	1,21	4,1	7,3	0,42
<i>Profil IV</i>											
h1: (A11)	0,20	1,26	0,24	0,125	6,48	66,01	7,83	1,75	4,5	16,2	9,96
h2: (A12)	0,21	1,32	0,21	0,151	6,45	70,21	9,62	1,81	4,3	10,0	4,54
h3: (B11)	0,28	1,53	0,27	0,117	6,59	72,88	10,25	1,94	3,8	4,8	1,46
h4: (B12)	0,23	1,69	0,20	0,100	6,58	71,99	13,13	2,—	4,7	3,0	0,93
h5: (B-C)	0,30	2,15	0,19	0,087	6,57	73,98	12,13	2,12	5,0	2,9	0,55
h6: (C)	0,24	1,99	0,15	0,082	6,78	75,58	12,07	2,19	4,6	2,9	0,09
h7: (C-D)	0,43	2,35	0,21	0,134	6,45	70,90	15,27	1,72	4,5	4,6	—
<i>Profil V</i>											
h1: (Bfe)	0,27	0,52	0,27	0,105	5,59	78,16	6,77	1,29	4,4	6,8	3,75
h2: (A2)	0,21	0,80	0,22	0,077	3,74	84,34	6,60	1,91	4,6	3,5	0,47
h3: (C)	0,23	1,19	0,16	0,076	3,90	80,97	9,56	1,93	4,1	6,7	0,18
h4: (F)	0,29	1,15	0,20	0,077	4,19	80,17	10,16	1,90	4,5	6,9	0,27
<i>Profil VI</i>											
h1: (A21)	0,28	1,03	0,25	0,092	2,23	81,26	9,92	1,32	4,1	8,1	1,58
h2: (A22)	0,41	1,19	0,341	0,111	2,88	81,77	8,53	1,79	4,2	6,3	0,78
h3: (A23)	0,43	1,15	0,24	0,120	3,63	79,56	10,41	1,88	4,3	4,2	0,46
h4: (C)	—	—	0,23	—	2,75	—	12,85	0,68	4,2	4,5	0,26
h5: (F)	—	—	0,18	0,062	1,67	82,25	10,13	1,10	4,2	4,8	0,19

DISCUSSION

La teneur en matière organique diminue logiquement avec la profondeur dans tous les profils : le dernier horizon n'atteint jamais la valeur 0,5 %. Dans les horizons humifères (A₁), les valeurs sont très variables et soulignent clairement les types de matière organique : plus faible dans les *sols bruns acides* (P. II : 4,45 %), elles augmentent très fortement dans les *sols bruns ocreux* ou *podzoliques* (P. I : 13,74 %, P. IV : 9,96 %).

b. — pH — H₂O

MODE OPERATOIRE

Par voie potentiométrique après contact de 24 heures, dans les proportions terre/eau = 1/2,5.

DISCUSSION

Les profils sont très désaturés, le pH oscillant entre 4 et 4,5. Ils présentent peu de variations verticales. Signalons cependant que dans P. I et P. III, les horizons humifères donnent un pH de 3,6-3,7, accusant la présence d'un humus du type *Mor*.

c. — Coefficient de sorption (Tt)

MODE OPERATOIRE

Percolation avec de l'acétate de Ba.O,IN et dosage du Ba après déplacement par NH₄Cl O,IN (Méthode Schachtschabel).

DISCUSSION

Les valeurs de ce coefficient sont très faibles dans les horizons minéraux (humus 0,50 %). Elles dépassent rarement 7 meq/100 g de terre, alors qu'elles atteignent 12 meq et plus dans les loess hesbayens. Le faible pouvoir sorptif des sols ardennais doit être attribué à une origine plus ancienne de l'argile pédologique (0-2 μ) correspondant à une altération minéralogique plus intense. La quantité d'argile n'est d'ailleurs pas à mettre en cause puisqu'elle s'élève souvent au-dessus de 20 % en Ardenne alors qu'en Hesbaye, elle atteint seulement 13 à 15 %.

Par contre, dans les horizons humifères, principalement du type *mor* ou *moder*, les valeurs du coefficient sont nettement en relation avec la teneur en matières organiques.

d. — L'Analyse Totale

MODE OPERATOIRE

Attaque au réactif triacide et séparations puis dosages comme décrit dans BRUNEL (6).

DISCUSSION

1. — LE SODIUM

Les teneurs sont comprises entre 0,2 et 0,5 %. Elles accusent un léger enrichissement systématique avec la profondeur.

2. — LE POTASSIUM

Les teneurs varient de 1 à 2,5 %. Comme pour le sodium, elles marquent un enrichissement systématique avec la profondeur. Ces valeurs sont relativement élevées si on les compare à celles d'autres régions natu-

relles. Des études antérieures (7) ont déjà montré la réserve considérable de ces sols en potassium total, sous des formes cependant peu solubles dans HCl à froid (dté : 1,18).

3. — LE CALCIUM

Les teneurs sont très faibles, elles varient de 0,15 à 0,40 %. Leur répartition verticale est plus variable.

Dans les *sols bruns ocres*, l'horizon humifère est logiquement le plus riche en calcium.

Dans les *sols bruns acides* de plateau, l'horizon A₂₂ possède la plus forte teneur en Ca. La cause semble être due à un ralentissement du drainage à ce niveau, provoqué par un sous-sol peu perméable, comme dans le P. III où l'on trouve des taches de marmorisation.

4. — LE PHOSPHORE

Les teneurs varient de 0,07 à 0,15 % de P₂O₅. Ces faibles valeurs révèlent la pauvreté des sols ardennais en acide phosphorique.

5. — LE FER

Les teneurs en Fe₂O₃ varient beaucoup comme on le constate dans l'exemple des tableaux suivants :

TABLEAU II

Profils	Teneur en Fe ₂ O ₃ %
II	3,68 à 5,76
IV	6,45 à 6,78
V	1,67 à 3,63

TABLEAU III

Profils	Horizons	Teneur en Fe ₂ O ₃ %
I	h 5	8,88 %
	h 6	6,34
II	h 3	4,76
	h 5	5,76
VI	h 2	2,88
	h 5	1,67

Ces différences font prévoir l'existence de plusieurs roches-mères pédologiques non seulement entre profils distincts (tableau II) mais

également dans un même profil (tableau III). Le choix des horizons du tableau III s'est fait en fonction d'autres analyses qui confirment précisément un changement de roche-mère à ces niveaux.

6. — L'ALUMINIUM

Les teneurs en Al_2O_3 varient dans des limites plus restreintes que celles de Fe_2O_3 et oscillent autour de la valeur 10 %. Tout comme pour le fer, un changement de roche-mère est décelable, dans la répartition verticale aussi bien que dans la répartition horizontale des teneurs. Cependant, l'horizon inférieur est toujours le plus riche ; ce qui n'est pas le cas pour le fer. Exemple : tableau IV.

TABLEAU IV

Profils	Horizons	Teneur en Al_2O_3 %
I	h 5	12,08 %
	h 6	16,99 %
II	h 3	9,22 %
	h 5	9,41 %
IV	h 6	12,07 %
	h 7	15,27 %
VI	h 2	8,53 %
	h 5	10,13 %

7. — LA SILICE

Les teneurs en SiO_2 sont comprises entre 65 et 85 % suivant la teneur en sesquioxydes.

8. — LE TITANE

Les profils P. I, P. IV et P. V ont des teneurs de l'ordre de 2 %, les autres (P. II, P. III, P. IV), de l'ordre de 1,5 %. Cette différence résulte sans doute également de roches-mères différentes.

e. — Caractéristiques granulométriques

Ce sont surtout les analyses granulométriques et les analyses minéralogiques qui ont permis la mise en évidence de l'hétérogénéité du matériel parental, en justifiant la distinction entre plusieurs roches-mères pédologiques.

MODE OPERATOIRE

Sédimentation et tamisage humide après action de H_2O_2 et HCl , ensuite, peptisation par un mélange équimoléculaire de Na_2CO_3 et

Na₂Ox. Les éléments sableux (plus de 50 µ) ont été déterminés par un tamisage à sec, système Ro-Tap.

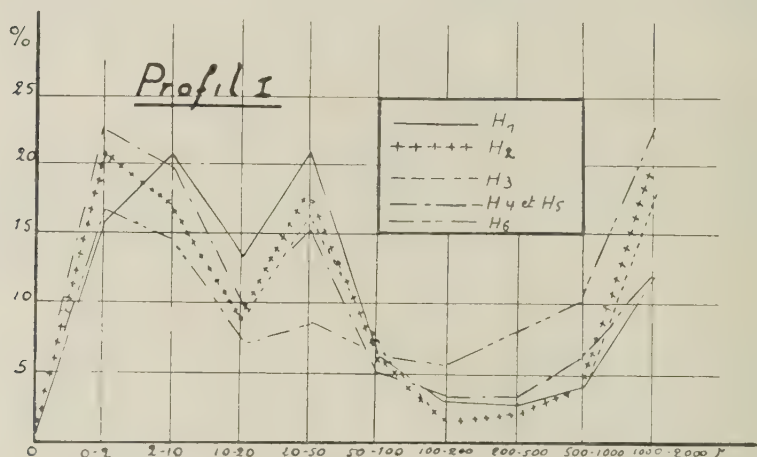
RESULTATS

Voir tableau V et graphiques.

TABLEAU V

	0 à 2 µ	2 à 10 µ	10 à 20 µ	20 à 50 µ	50 à 100 µ	100 à 200 µ	200 à 500 µ	500 à 1000 µ	1000 à 2000 µ	Miné- ra- logie *
<i>Profil I</i>										—
h1: (A1)	15,8	21,2	12,8	21,0	6,5	3,3	2,7	4,3	12,4	Q I
h2: (Bfe)	21,0	17,5	9,0	17,8	6,4	1,7	2,0	4,0	20,6	Q I V
h3: (B1)	21,1	17,0	10,2	16,8	6,9	1,7	2,6	5,2	18,5	Q I V
h4: (B2)	22,6	20,0	10,3	15,9	5,2	3,4	3,4	6,2	13,0	Q I V
h5: (C)	22,5	19,9	10,0	17,0	5,2	3,4	3,9	6,1	12,0	Q I V
h6: (C-D)	17,0	14,7	7,4	8,8	6,4	5,3	7,6	10,0	22,8	Q I
<i>Profil II</i>										Q I V
h1: (A11)	20,4	17,4	9,6	15,6	9,8	11,8	4,0	4,1	7,7	Q I V K
h2: (A12)	20,9	18,4	6,1	20,0	10,1	10,2	3,2	3,4	7,7	Q I V K
h3: (A21)	15,1	19,9	9,4	16,4	13,0	9,0	4,7	4,8	8,7	Q I K
h4: (A22)	11,8	12,9	6,1	16,1	11,4	13,0	13,4	7,5	7,8	Q I K
h5: (C-D)	12,0	13,3	9,8	13,6	9,5	13,7	8,6	7,9	11,6	Q I K
<i>Profil III</i>										Q I
h1: (A1)	19,2	19,9	17,3	33,1	6,0	2,9	1,1	0,7	1,6	Q I V K
h2: (A22)	21,9	19,5	17,8	28,9	6,0	3,0	1,1	0,8	1,0	Q I V K
h3: (A2)	24,2	17,8	16,5	30,6	4,3	4,0	1,2	0,7	0,7	Q I V K
h4: (C)	25,1	19,2	15,7	28,0	6,0	2,9	1,2	0,7	1,2	Q I V K
h5: (F)	26,6	19,7	17,2	25,4	5,9	2,8	1,0	0,5	0,9	Q I V K
<i>Profil IV</i>										Q I K
h1: (A11)	17,9	20,2	13,2	36,5	3,4	1,2	1,5	2,0	4,1	Q I V K
h2: (A12)	21,0	26,4	14,8	20,3	2,9	1,2	1,7	3,2	8,5	Q I V K
h3: (B11)	21,8	29,4	10,6	20,2	3,6	1,4	2,2	3,3	7,5	Q I V K
h4: (B12)	14,5	20,1	12,8	21,8	6,8	3,4	6,0	5,5	9,1	Q I V K
h5: (B-C)	8,7	16,6	11,1	23,0	6,6	5,4	8,8	9,5	10,3	Q I V K
h6: (C)	8,2	17,0	15,5	28,4	8,8	5,9	6,6	4,9	4,7	Q I V K
h7: (C-D)	14,8	14,3	14,0	29,9	6,7	6,0	5,4	4,7	4,2	—
<i>Profil V</i>										Q I V K
h1: (Bfe)	10,3	14,2	13,6	30,0	7,4	9,7	4,9	3,2	6,7	Q I V K
h2: (A2)	11,2	15,7	17,4	28,1	5,8	10,7	6,0	2,4	2,7	Q I K
h3: (C)	19,5	12,4	12,0	24,2	5,3	13,8	6,8	2,9	3,1	Q I K
h4: (F)	20,8	12,9	12,3	22,6	6,7	12,5	6,9	2,5	2,8	Q I K
<i>Profil VI</i>										Q I V K
h1: (A21)	20,6	15,6	9,6	13,4	16,4	6,6	4,3	4,4	9,1	Q I V K
h2: (A22)	21,2	16,9	9,7	13,0	16,9	6,4	4,3	4,3	7,3	Q I V K
h3: (A23)	20,9	18,2	8,0	14,4	15,4	6,6	4,7	4,5	7,3	Q I K
h4: (C)	25,5	19,5	8,3	8,5	16,3	9,4	4,6	3,0	4,9	Q I K
h5: (F)	22,7	19,8	5,7	10,2	21,9	7,2	4,3	3,2	5,0	Q I K

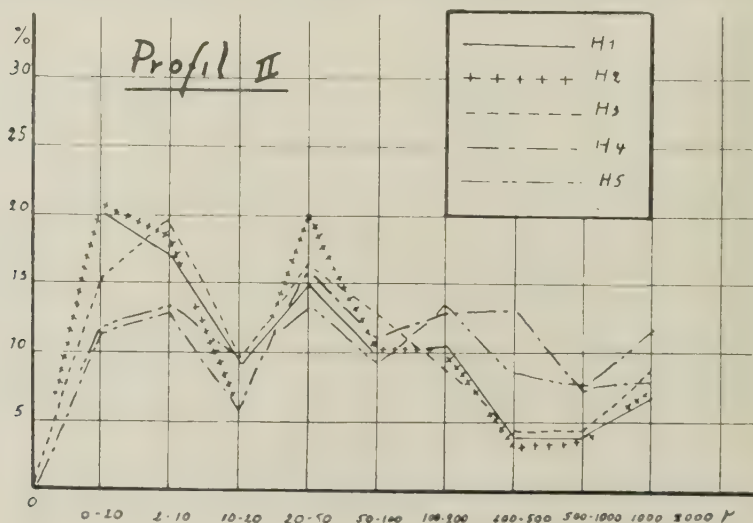
* Q = quartz - I = illite - V = vermiculite - K = kaolinite.

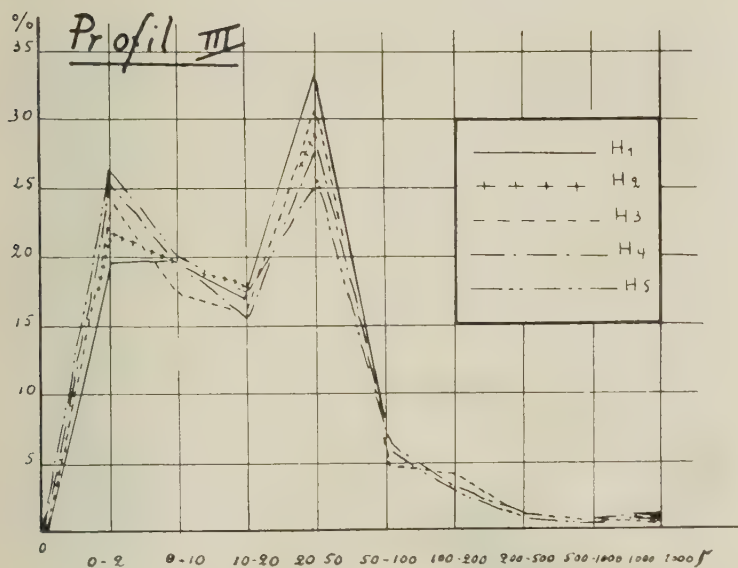


INTERPRETATIONS

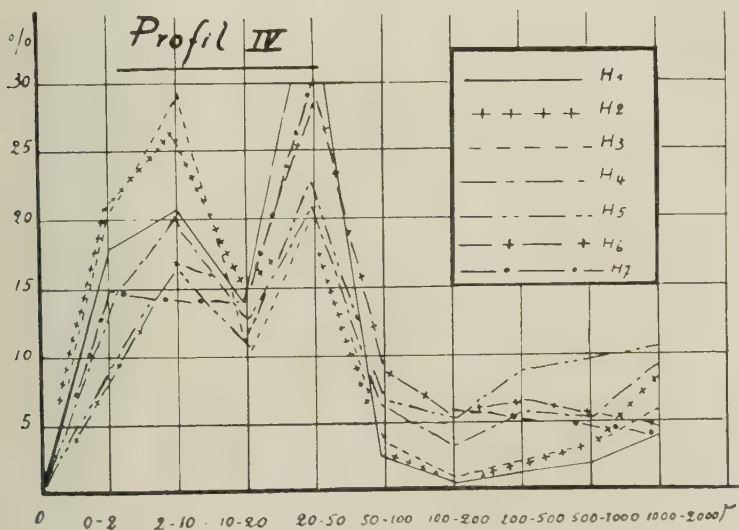
P. I : SOL BRUN OCREUX AVEC MICRO-PODZOL EN SURFACE

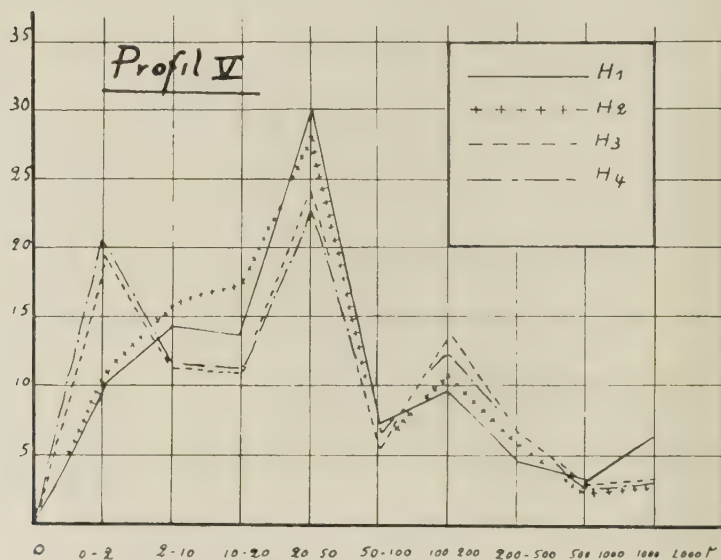
Le profil montre une grande homogénéité dans l'ensemble. La distribution des fractions granulométriques se caractérise par trois sommets très nets (0-2 μ), (20-50 μ) et (1.000-2.000 μ) pour les cinq premiers horizons. Seul l'horizon I qui a subi une action podzolique, a son premier sommet en (2-10 μ). Les deux premiers sommets sont généralement con-





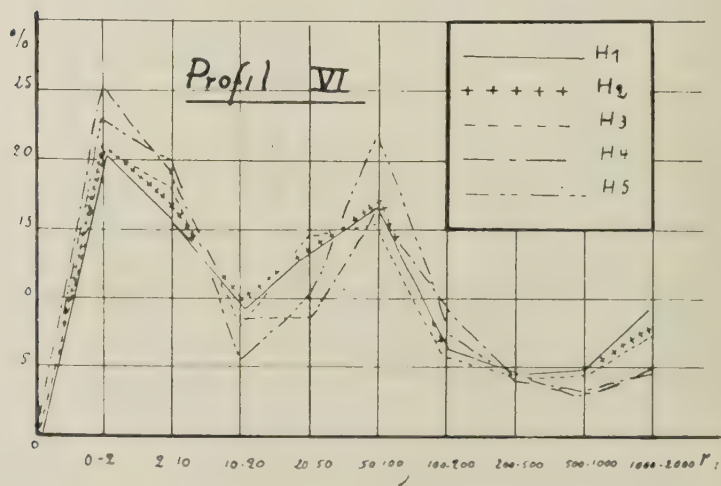
sidérés comme caractéristiques d'un limon d'origine éolienne. Par contre la présence d'une quantité notable en éléments grossiers indique une pollution par des éléments locaux. L'horizon 6 est quelque peu différent,





sa teneur en fractions fines diminue au profit des fractions grossières. Il ne comporte d'ailleurs pas de vermiculite comme argile minéralogique.

On peut donc le considérer comme un matériel différent.



P. II : SOL BRUN ACIDE DE PENTE

Ce profil montre une hétérogénéité verticale bien marquée. Les horizons 1 et 2 se différencient nettement de 4 et 5, l'horizon 3 étant intermédiaire. Les premiers possèdent 3 sommets bien affirmés : (0-2 μ), (20-50 μ) (caractéristiques des limons éoliens) et (1.000-2.000 μ).

Pour H₃, seul son premier sommet change et passe à (2-10 μ) ; pour H₄ et H₅, il y a quatre sommets : (2-10 μ), (20-50 μ), (100-200 μ) ou (200-500 μ) et (1.000-2.000 μ), situés à peu près au même niveau de 14 % environ.

La présence de vermiculite signalée seulement dans les 3 premiers horizons confirme le changement de roche-mère observé au niveau du H₃.

P. III : SOL BRUN ACIDE DE PLATEAU A SOUS-SOL IMPERMEABLE

En général, les horizons sont caractérisés par les sommets (0-2 μ) et (20-50 μ) des limons éoliens. Ils montrent une grande homogénéité verticale au point de vue granulométrique et minéralogique. Cependant pour l'horizon I, la présence du premier sommet en (2-10 μ) indique une micro-pédogénèse différente explicable peut-être par le micro-gley.

La roche-mère pédologique est donc typiquement représentée par l'horizon 5.

P. IV : SOL BRUN OCREUX

Dans ce profil, l'horizon 7 se différencie des six premiers horizons :

I. — *par les graphiques :*

le premier sommet du H₇ apparaît dans la fraction (0-2 μ) alors que le matériel constituant les six horizons supérieurs est caractérisé par deux sommets bien nets (2-10 μ) et (20-50 μ).

2. — *par l'évolution des différentes fractions :*

dans H₇ l'enrichissement en argile (0-2 μ) semble se faire surtout au dépens de la fraction (2-10 μ).

Par contre, dans les horizons supérieurs, l'augmentation en argile (0-2 μ) et en limon fin (2-10 μ) a lieu au dépens de la fraction (20-50 μ). En effet, cette dernière fraction diminue au fur et à mesure que l'on se rapproche de la surface alors que les premières augmentent ; la fraction (10-20 μ) restant sensiblement constante.

Selon l'opinion de G. MANIL (8) l'horizon 7 a vraisemblablement subi une autre pédogénèse.

P. V : HORIZONS INFÉRIEURS D'UN PROFIL PODZOLIQUE

Les horizons H₁ et H₂ ont deux sommets (20-50 μ) et (100-200 μ) et comportent de la vermiculite. Par contre, les horizons H₃ et H₄ ne

possèdent pas de vermiculite et présentent trois sommets affirmés : (0-2 μ), (20-50 μ) et (100-200 μ). Par conséquent, ce profil semble posséder deux roches-mères superposées.

P. VI : SOL BRUN ACIDE DE PLATEAU A SOUS-SOL PERMEABLE

Ce profil montre également une hétérogénéité verticale quant à l'origine du matériau meuble. Les graphiques sont caractérisés par la présence de 3 sommets (0-2 μ), (50-100 μ) et (100-200 μ).

Cependant à partir du troisième horizon se manifeste un changement illustré par une diminution des fractions (10-20 μ), (20-50 μ) et (> 500 μ) et une augmentation des fractions (0-2 μ) et (50-100 μ).

Cette distinction est confirmée par l'analyse minéralogique. Car contrairement aux trois premiers horizons, H₄ et H₅ ne présentent pas de vermiculite.

Les horizons supérieurs sont probablement constitués de colluvions mixtes (loess + produits locaux d'altération). Les horizons inférieurs sont plus riches en éléments autochtones.

f. — Minéralogie des argiles

L'argile de ces profils a déjà fait l'objet d'une étude séparée par G. HANOTIAUX et P. BOURGUIGNON (9).

En résumé, les principaux minéraux décelés par l'analyse thermique différentielle, l'analyse chimique et roentgénographique sont constitués essentiellement de quartz, d'illite, de vermiculite et de kaolinite (voir tableau V). Le rapport moléculaire $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ oscille entre 2 et 2,5.

La kaolinite est absente du profil I. La vermiculite manque notamment dans P. I - H₆, P. II - H₄ et H₅, P. V - H₄ et H₅. Le quartz et l'illite sont présents partout.

Rappelons que l'absence de la vermiculite coïncide avec un changement de roche-mère pédologique décelée entre autre, par l'analyse granulométrique. L'analyse minéralogique apporte ainsi sa confirmation à l'hypothèse d'un changement de roche-mère dans les profils hétérogènes au point de vue lithologique, comme P. I, P. II, P. V et P. VI.

B. — Conclusions

a. — Nature des roches-mères pédologiques

Dans l'ensemble, les roches-mères géologiques peuvent être considérées comme très homogènes pour la région prospectée lors de la présente étude. Elles comprennent plusieurs formations schisto-gréseuses du dévonien inférieur.

Les *roches-mères pédologiques* ou dépôts meubles au sein desquels se sont développés les profils, sont beaucoup plus hétérogènes qu'il n'apparaissait à première vue.

Effectivement, par action périglaciaire, du limon éolien est venu se déposer en couches plus ou moins importantes et s'est mélangé par colluvionnement ou *solifluction* avec des éléments dérivés de la roche-mère géologique sous-jacente, en des proportions très variables.

En fait, les analyses chimiques, granulométriques et minéralogiques nous ont permis de distinguer trois types de roches-mères pédologiques :

- 1) des colluvions limoneuses à tendance loessique : pouvant être peu caillouteuses (P. I, P. III) ;
- 2) des colluvions limoneuses plus hétérogènes comprenant assez bien de produits d'altération physique et chimique du substrat géologique sous-jacent (P. IV, P. VI) ;
- 3) des dépôts nettement plus sableux et plus caillouteux provenant surtout d'une altération physique probablement périglaciaire. On les retrouve dans la partie inférieure des profils de pente relativement jeunes (P. II, P. V).

b. — Origine des dépôts lœssiques ardennais

P. MACAR et R. TAVERNIER (10) donnent aux dépôts loessiques ardennais une origine éolienne d'âge quaternaire semblable à celle des limons hesbayens. Le fait a été confirmé par F. GULLENTOPS (11), V. TONNARD (12), P. BOURGUIGNON (13) et d'autres.

Cependant, les auteurs notent chaque fois la présence importante de matériaux authigènes, provenant de la roche-mère sous-jacente, mélangés au limon par solifluction ou par d'autres actions de cryoturbation périglaciaires.

L'analyse minéralogique de profils situés dans la forêt de Saint-Michel (Ardenne) faite par V. TONNARD (12) révèle la rareté des minéraux lourds caractéristiques de loess hesbayen d'un apport éolien. Les minéraux décelés sont essentiellement authigènes et parfois issus eux-mêmes de deux assises géologiques distinctes.

Sans nier la présence de limon d'origine nordique sur les hauts plateaux ardennais, on peut dire que leur apport est relativement faible.

L'étude de la capacité de sorption nous donne des indications très intéressantes. Dans le tableau VI, nous avons reporté la capacité de sorption totale (Tt) exprimée en meq par 100 g d'argile (0-2 μ). Il apparaît nettement deux groupes d'horizons :

- 1) *Ceux constitués de limons éoliens : ont un Tt d'environ 20 meq/100 g d'argile* (P. I, P. III, P. VI).

TABLEAU VI

		Tt/100 gr. sol	Argile	Tt/100 gr. d'argile	
P. I	H5 (C) H6 (C-D)	4,6 5,2	22,5 17,0	20,4 30,6	(Loess) (Pas de loess)
P. II	H4 (A22) H5 (C-D)	3,8 4,5	11,8 12,0	32,2 37,5	(Pas de loess) (Pas de loess)
P. III	H4 (C)	5,7	25,1	22,7	(Loess)
P. IV	H5 (B-C) H6 (C) H7 (C-D)	2,9 2,9 4,6	8,7 8,2 14,8	33,3 35,4 31,1	(Pas de loess) (Pas de loess) (Pas de loess)
P. V	H3 (C) H4 (F)	6,7 6,9	19,5 20,8	34,4 33,2	(Pas de loess) (Pas de loess)
P. VI	H3 (A23)	4,2	20,9	20,1	(Loess)

- 2) *Ceux développés sur matériau autochtone peu altéré : ont un Tt d'environ 33 meq/100 g d'argile (P. II, P. IV, P. V).*

Nous savons d'autre part, que le loess hesbayen typique d'origine nivéo-éolienne, a un Tt de 65 meq environ par 100 g d'argile.

Par conséquent, la faible capacité de sorption du limon ardennais nous permet de conclure à une très faible influence des limons loessiques d'origine semblable à celle de loess hesbayens.

On doit l'attribuer, semble-t-il, à une altération minéralogique plus poussée, ainsi qu'en témoigne la teneur en argile (0-2 %) des limons ardennais. En effet, cette dernière est plus importante que dans les produits d'altération actuelle et les loess septentrionnaux comme l'indique le tableau suivant :

Limons ardennais	± 23 %
Produits d'altération actuelle	± 15 %
Limons hesbayens (horizon C)	± 13 à 15 %

Il résulte donc que les dépôts loessiques sont constitués :

- 1) pour une faible part de limons éoliens d'origine nordique ;
- 2) pour une grande part de produits fins provenant de remaniements locaux (éoliens et autres) d'un matériel qui tire vraisemblablement son origine de phases pédologiques anciennes, sous climat chaud.
- 3) de produits d'altération récente, périglaciaire et actuelle, de tendance surtout physique.

c. — Propriétés du complexe physico-chimique

Comme les analyses précédentes l'ont montré, les sols ardennais sont en général bien pourvus en argile pédologique (0-2 μ). Cependant, ils se sont révélés particulièrement désaturés, très pauvres en éléments biogènes totaux (Na, Ca, P_2O_5 , ...) sauf en potassium dont les réserves sont assez considérables. Leur capacité de sorption est particulièrement faible. Il y a d'ailleurs là un problème important sur lequel nous ne manquerons pas de revenir.

IV. — LE COMPORTEMENT DU FER

Les valeurs discutées jusqu'à présent montrent un aspect surtout statique des propriétés des sols ardennais. Abordons maintenant le point de vue dynamique en considérant le comportement du fer spécialement intéressant à envisager dans le cas des sols désaturés.

a. — Les complexes du fer

Des études faites par de nombreux chercheurs, il résulte que le fer migre dans le sol principalement sous les formes suivantes :

1. — COMPLEXE AVEC LA SILICE

Comme BÉTRÉMIEUX (14) le confirme, lors d'une électrodialyse de sol, il apparaît à l'anode des quantités parfois considérables de silice associée au fer et à l'alumine. Dans ces complexes électronégatifs, le fer se trouve toujours réduit — selon DEMOLON et BASTISSE (15) — du moins partiellement. De plus, ces complexes sont solubles entièrement dans l'acide oxalique à 2 %.

2. — COMPLEXE AVEC LES MATIÈRES ORGANIQUES

Leur existence a été décelée notamment par l'électrodialyse des sols et par des études de solubilité dans l'acide oxalique. GALLAGHER et WALSH (16) ont testé la solubilité de la matière organique et des sesquioxides de sols podzoliques dans l'acide oxalique. Ils en ont conclu que les mouvements du fer et de l'alumine ont surtout pour origine l'action dissolvante d'acides simples, décomposables, dont le modèle est l'acide oxalique.

A priori, quel que soit le type de complexe formé, l'acide oxalique apparaît donc comme un réactif intéressant pour étudier la mobilité du fer dans le sol.

b. — Les techniques employées

Nous avons établi des courbes de mobilité en dosant le fer après agitation mécanique de 18 heures, dans des solutions d'acide oxalique de concentrations croissantes : en abscisses nous portons les concentrations suivantes :

0,1 %, 0,5 %, 1, - %, 1,5 %, 2, - %, 3, - %,

TABLEAU VII

	% de terre séchée à 105°	% de terre séchée à 105°	
	Fer total	Fer compl.	Fer mobile
<i>Profil I</i>			
h1 : (A1)	3,71	9,56	6,—
h2 : (Bfe)	5,66	25,13	22,19
h3 : (B1)	5,50	18,56	16,58
h4 : (B2)	5,34	14,94	13,31
h5 : (C)	5,42	9,5	8,62
h6 : (C-D)	5,66	4,94	4,31
<i>Profil II</i>			
h1 : (A11)	4,13	5,87	5,87
h2 : (A12)	4,05	6,62	6,50
h3 : (A21)	4,21	6,75	5,69
h4 : (A22)	4,69	5,—	4,63
h5 : (C-D)	4,85	4,94	4,43
<i>Profil III</i>			
h1 : (A1)	3,31	14,50	13,13
h2 : (A21)	3,63	19,06	16,94
h3 : (A22)	3,71	20,25	18,31
h4 : (C)	3,97	20,94	18,63
h5 : (F)	5,17	26,56	20,75
<i>Profil IV</i>			
h1 : (A1)	5, -	19,80	16,35
h2 : (A12)	6,46	18,87	16,—
h3 : (B11)	6,14	17,87	15,25
h4 : (B12)	5,66	9,56	7,62
h5 : (B-C)	6,14	8,06	5,75
h6 : (C)	—	—	—
h7 : (C-D)	6,46	13,13	7,87
<i>Profil V</i>			
h1 : (Bfe)	4,29	16,63	15,25
h2 : (A2)	3,47	10,69	9,69
h3 : (C)	4,21	12,38	11,06
h4 : (F)	4,37	13,63	11,38
<i>Profil VI</i>			
h1 : (A21)	2,51	11,31	10,75
h2 : (A22)	2,35	9,13	9,13
h3 : (A23)	2,83	8,25	8,25
h4 : (C)	2,51	5,81	4,94
h5 : (F)	1,78	5,56	4,62

des concentrations supérieures n'apportant pas d'éléments nouveaux, et en ordonnées, la teneur en fer mobilisé en ‰.

La prise d'essai est de 2 grammes de terre séchée à l'air et passée au tamis de 500 mu.

Nous avons obtenu des courbes qui montrent régulièrement un point d'inflexion pour la concentration 1,5 % d'acide oxalique.

Ces points d'inflexions séparent vraisemblablement deux groupes de composés du fer.

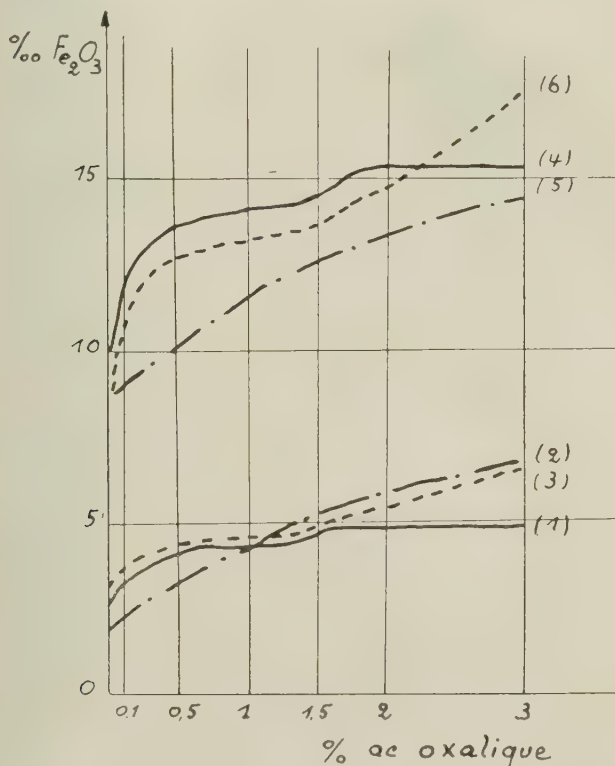
Nous appellerons conventionnellement :

- « *fer mobile* » : le fer complexé par l'acide oxalique à la concentration de 1,5 % et après agitation de 18 heures ;
- « *fer complexable* » : le fer complexé par l'acide oxalique à la concentration de 3, % ;
- « *fer total* » : le fer solubilisé dans HCl $\frac{1}{2}$ conc. après ébullition de 15 minutes. Cette détermination nous servira pour l'établissement de certaines relations.

c. — Courbes théoriques de mobilité du fer

On peut distinguer deux séries de courbes :

- 1) celles possédant peu de fer complexable (1), (2), (3) (faibles ordonnées) ;



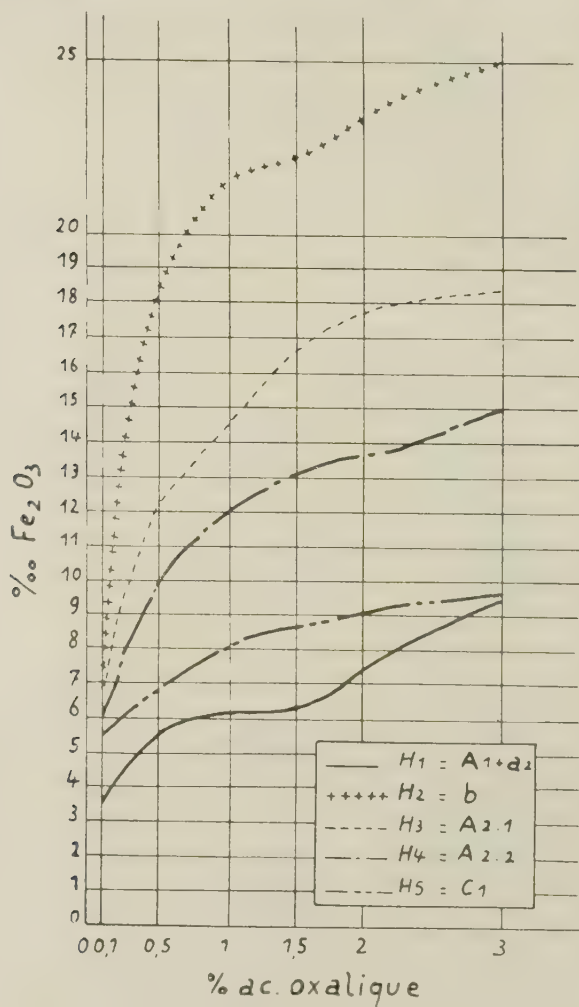
Courbes théoriques de mobilité du fer

2) celles possédant beaucoup de fer complexable (4), (5), (6) (ordonnées élevées).

Dans chacun de ces groupes nous pouvons observer trois allures différentes :

* COURBES (1) ET (4) : *Le fer de ces horizons est très mobile*

La teneur en fer atteint rapidement un palier important. C'est le cas général des horizons humifères, où une partie du fer est complexé



Profil I

à la matière organique d'une manière très soluble dans l'acide oxalique à faible concentration.

**** COURBES (2) ET (5) : *Le fer est moins mobile***

Le fer complexé augmente progressivement lors des concentrations croissantes du réactif. On peut donc en déduire que dans de tels horizons, il y a peu de peptisants naturels du fer. C'est le cas de beaucoup d'horizons minéraux à drainage normal, suffisamment écartés des horizons humifères.

***** COURBES (3) ET (6) : Il s'agit de courbes intermédiaires.**

d. — Etude des courbes des différents profils

P. I : SOL BRUN OCREUX AVEC MICROPODZOL EN SURFACE

Pour rappel, les horizons considérés sont :

h 1	A1 + A2 du micropodzol, 0-3 cm.	pH : 3,9
h 2	B du micropodzol (Bfe), 3-8 cm.	pH : 3,6
h 3	A21 (ou B1) 8 à 35 cm.	pH : 4,2
h 4	A22 (ou B2) 35 à 55 cm	pH : 4,5
h 5	C1 55 à 70 cm.	pH : 4,6

L'allure des horizons H₁ et H₂ est très caractéristique, indiquant, la première, (forme 5), l'élimination superficielle et podzolique du fer et la seconde, l'accumulation dans le petit horizon b, (forme 6). Les autres horizons ont des courbes assez régulières tendant à s'applatiser vers le bas du profil au fur et à mesure qu'on s'éloigne des horizons organiques qui fournissent la substance complexante.

P. II : SOL BRUN ACIDE A MULL

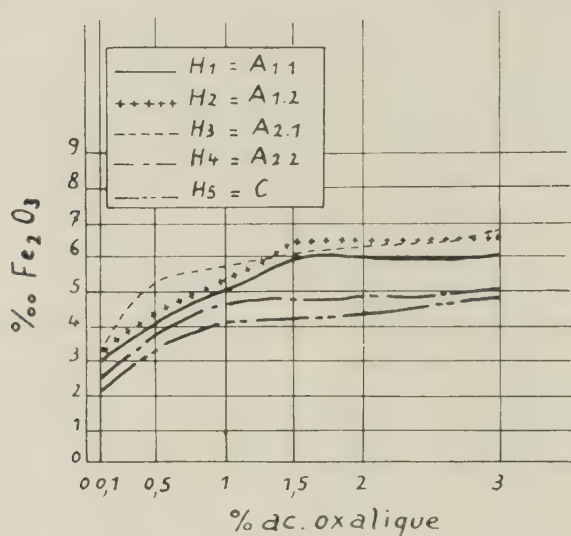
Les horizons sont :

h 1	A11	0 à 10 cm.	pH : 4,3
h 2	A12	10 à 20 cm.	pH : 4,3
h 3	A21	20 à 35 cm.	pH : 4,4
h 4	A22	35 à 60 cm.	pH : 5,1
h 5	(-D	60 à 80 cm.	pH : 4,4

Toutes les courbes ont une allure semblables (courbe 1). Elles montrent une forme de fer très mobilisable, complexable dès les faibles concentrations en acide oxalique, mais peu abondamment représentée.

Le groupement des courbes indique une forte diffusion en profondeur de la matière organique complexante qui résulte du mélange intime

des matières humiques avec les colloïdes minéraux caractérisant précisément un humus du type *mull*.



Profil II

P. III : SOL BRUN ACIDE A MODER DE PLATEAU, A SOUS-SOL IMPERMEABLE

Les horizons sont :

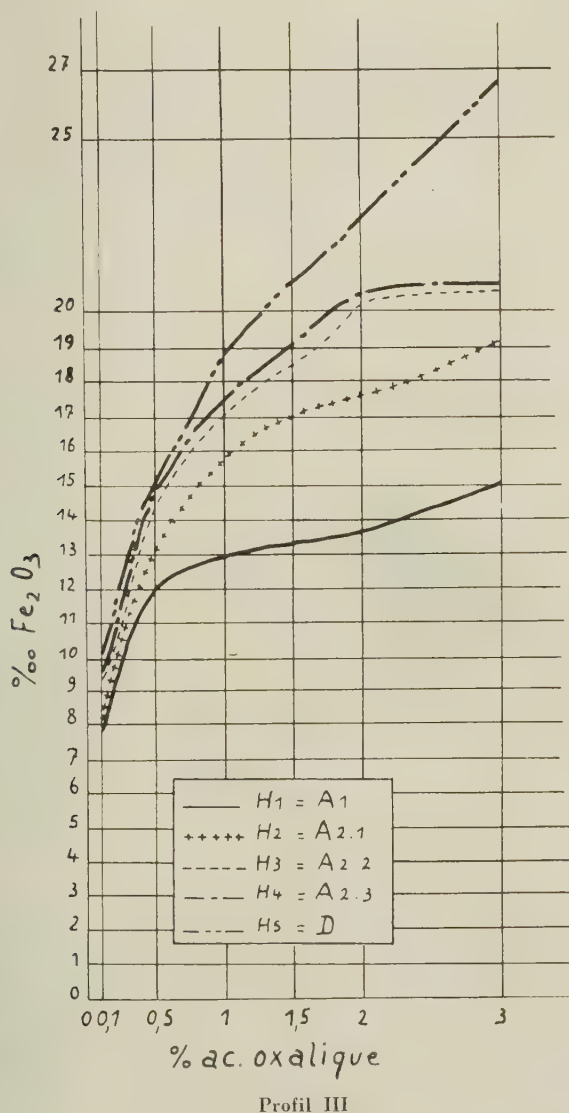
h1 = A1	0- 5 cm.	pH : 3,7
h2 = A21	5-15 cm.	pH : 4,0
h3 = A22	15-30 cm.	pH : 4,5
h4 = A23	30-50 cm.	pH : 4,4
h5 = F.	50-75 cm.	pH : 4,1

Par rapport aux profils précédents, l'allure des courbes est renversée, les quantités de « *fer mobile* » et de « *fer complexable* » augmentent avec la profondeur indiquant l'influence de l'état réducteur.

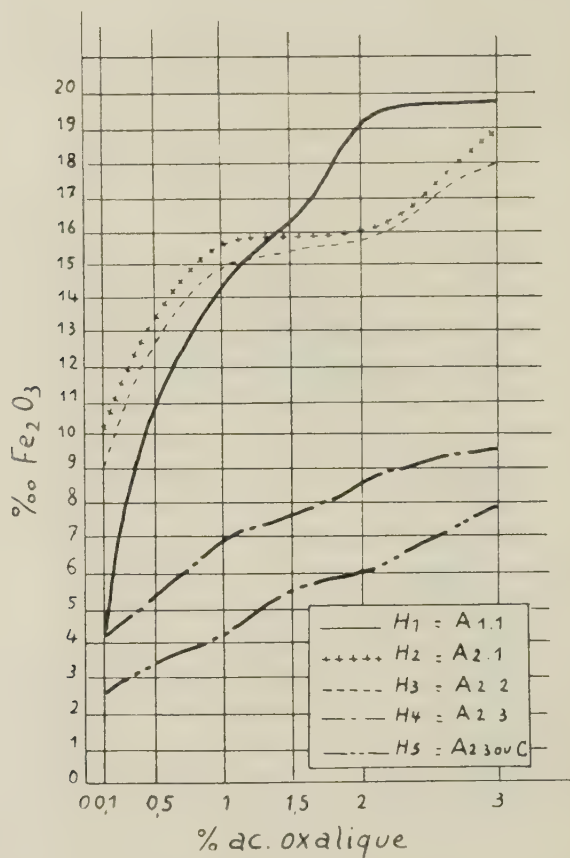
P. IV : SOL OCREUX (BROWN PODZOLIC SOIL)

Les horizons sont :

(B ₁ fer.)	h1 = A11	0-10 cm.	pH : 4,5
(B ₂ fer.)	h2 = A21	10-25 cm.	pH : 4,3
(B ₃ fer.)	h3 = A22	25-40 cm.	pH : 3,8
(B ₃ fer.)	h4 = A23	40-65 cm.	pH : 4,7
(B ₃ -C)	h5 = A25	65-85 cm.	pH : 5,0



Il y a nettement deux groupes de courbes : le groupe supérieur indique à la fois une très forte quantité de *fer mobile* et de *fer complexable* sous l'influence d'un humus du type moder, très acide mais peu diffusé vers le bas.



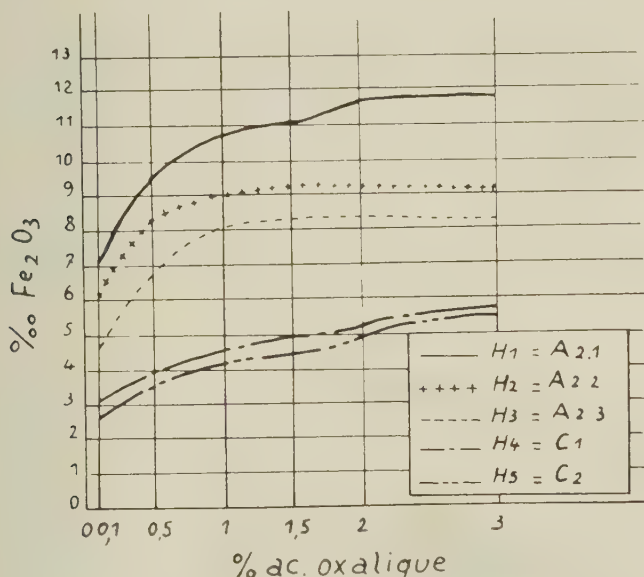
Profil IV

Par contre, en profondeur, cet effet s'atténue rapidement. Les courbes tendent à devenir plus régulières. Elles rappellent la forme (2) signifiant un appauvrissement en substances complexantes naturelles.

P. V : SOL BRUN ACIDE A MODER, DE PLATEAU (SOUS-SOL PERMEABLE)

Les horizons sont :

h1	A21	3 à 20 cm.	pH : 4,1
h2	A22	20 à 35 cm.	pH : 4,2
h3	A23	35 à 50 cm.	pH : 4,3
h4	C1	50 à 70 cm.	pH : 4,2
h5	C2	70 à 90 cm.	pH : 4,2



Profil VI

Le A_1 très peu représenté n'a pas été analysé à ce point de vue.

Les courbes se répartissent en deux groupes, le premier (forme 4) et le second (forme 1), le décalage entre les deux groupes provient d'un manque de diffusion de l'humus en profondeur (moder). Cependant l'allure fort inclinée des courbes sur l'axe des x, montre que l'humus tend à se rapprocher du type mull.

e. — Conclusions

1. — DIFFERENCIATION DES SOLS BRUNS ACIDES DES SOLS BRUNS OCREUX ET DES SOLS PODZOLIQUES

- a) *Dans les sols bruns acides (P. II) :* La quantité de fer facilement complexé par un humus du type mull est faible. Cependant cette forme est très « mobile ». Les courbes sont groupées, indiquant une bonne diffusion du mull en profondeur. Quand il s'agit d'un sol brun acide à moder, dans lequel le moder est proche du mull, la quantité de fer mobile augmente dans les horizons supérieurs mais l'allure générale des courbes reste la même.
- b) *Dans les sols bruns ocreux ou podzoliques (P. I, P. IV, P. V) :* L'humus du type moder très acide, ou de moder proche du mor, mobilise facilement le fer et les quantités libérées sont beaucoup plus importantes. Les courbes sont dispersées en éventail sur les

diagrammes et témoignent d'une forte activité de la matière organique, s'exerçant surtout sur les horizons superficiels.

Le tableau suivant confirme particulièrement bien l'action nettement plus complexante des humus du type moder très acide et des formes proches du mor.

Nous y avons comparé les teneurs en fer « mobile » et « complexable » des horizons humifères à celles des roches-mères pédologiques.

TABLEAU VIII

Sols bruns ocreux et podzoliques			Sols bruns acides		
	Fer mobile	Fer complexable		Fer mobile	Fer complexable
P. I h2 (Bfe) h5 (C)	22,19 8,62	25,13 9,50	P. II h1 (A11) h3 (A21)	5,87 5,69	5,87 6,75
P. IV h1 (A1) h2 (A21) h3 (A22) h5 (B-C')	16,35 16,00 15,25 5,75	19,80 18,87 17,87 8,06	P. VI h1 (A21) h3 (A23)	10,75 8,25	11,31 8,25
P. V h1 (Bfe) h4 (C)	15,25 11,38	16,63 13,63			

2. — INFLUENCE DE LA GLEYIFICATION

L'examen des courbes du profil III a révélé l'influence des conditions réductrices du milieu sur la « mobilité » du fer. Le tableau suivant illustre

TABLEAU IX

Profils	Fer total (attaque au réactif triacide %)	Fer « mobile » %
P. II A11 A12 A21 A22 C	4,21 3,68 4,76 5,03 5,76	0,587 0,650 0,569 0,463 0,443
P. III A11 A21 A22 C F	3,03 3,59 5,14 4,06 4,80	1,313 1,694 1,831 1,863 2,075

mieux encore cette constatation. Nous y avons comparé deux sols bruns acides, l'un à bon drainage (P. II), l'autre à drainage insuffisant (P. III). Celui le moins riche en fer total (P. III), mais gléyifié, contient trois à cinq fois plus de fer « mobile », particulièrement au niveau du « fragipan » (horizon induré).

3. — INFLUENCE DU TYPE D'HUMUS

A côté de propriétés qui les distinguent nettement, les principaux types d'humus aérobies ont en commun de renfermer des substances « mobilisantes » du fer, quoiqu'en quantités différentes.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) PECROT, A. et AVRIL, P. : Les sols ardennais. Etude morphologique et génétique des sols bruns acides et des sols podzoliques du plateau de Saint-Hubert. — *Bull. Inst. agron. Gembloux*, **XXII**, 1-2 (1954).
- (2) MANIL, G. et PECROT, A. : Les sols forestiers oligotrophes du climax des ardennes belges. — *C. R. du V^{me} Cong. S. S., Léopoldville*, 1954, vol. **IV**, pp. 441-446.
- (3) DECKERS, J. : Problèmes forestiers de l'Ardenne en rapport avec l'évolution des sols. — *Bull. Soc. Royale for. de Belgique* (mars 1953).
- (4) MANIL, G., MARTIN, L., COLLIN, E., EVARD, R. et GRUBER, R. : Les sols bruns forestiers de l'Ardenne. — *Bull. Inst. agron. Gembloux*, **XXI**, 3-4 (1954).
- (5) MANIL, G. et HANOTIAUX, G. : Données descriptives sur les sols bruns acides et les sols bruns ocreux (Brown podzolic soils) de l'Ardenne belge. — *C. R. VI^{me} Cong. Int. Sc. Sol, Paris* (1956). (*Pédologie* - 1957 - **VII**).
- (6) BRUNEL, A. : Traité pratique de chimie végétale. Tome **II** (1948), Georges Frères, Tourcoing.
- (7) MONOGRAPHIE Agricole de la région de l'Ardenne. Ministère de l'Agriculture (1899). Bruxelles, pp. 21-28.
- (8) MANIL, G. : Quelques types spéciaux de paléosols et leur importance géomorphologique. — *Ann. Soc. Géol. de Belg. T. LXXXVIII*, 1955.
- (9) HANOTIAUX, G. et BOURGUIGNON, P. : Minéralogie de sols ardennais. — *VI^{me} Cong. de la Sc. Sol, Paris*, 1956. (*Pédologie* - 1957 - **VII**).
- (10) PODROME d'une description géologique de la Belgique. — Ed. Vaillant-Carmanne, Liège, 1954.
- (11) GULLENTOPS, F. : Contribution à la chronologie du pléistocène et des formes du relief en Belgique. — *Mém. Inst. Géol. Louvain. T. XXVIII*, pp. 129-252, 1954.
- (12) TONNARD, V. : La pédogénèse dans la Forêt de Saint-Michel. — *Bull. Inst. agron. Gembloux*, 1955. **T. XXIII**, n° 1.
- (13) BOURGUIGNON, P. : Morphologie de la Terrasse de Herstal en aval de Liège. — *Ann. Soc. Géol. Belg. T. LXXXV*, pp. 177-180, 1952.
- (14) BETREMIEUX, R. : Etude expérimentale de l'évolution du fer et du manganèse dans les sols. — *Ann. Agr.*, pp. 193-295. Paris, 1951.
- (15) DEMOLON et BASTISSE : *Ann. Agr.*, pp. 265-296. Paris, 1944.
- (16) GALLAGHER, P. H. et WALSH, T. : The solubility of soil constituents in oxalic acid as an index of the effects of weathering. — *Proc. Irish Acad.* **49**, B. 1, 1943.

RESUME

L'étude minéralogique, chimique et physico-chimique des sols ardennais a permis de caractériser d'une manière statique les principaux types pédologiques observés. De plus, elle a mis en évidence l'origine complexe de la roche-mère pédologique dont il faut tenir compte dans l'interprétation des résultats.

Dans ces sols très acides, le fer sous certaines formes apparaît comme un élément de choix pour caractériser les processus pédogénétiques et le mode d'action des différents types d'humus. Pour ce faire, on a établi des courbes de fer « complexable » par solubilisation dans l'acide oxalique à des concentrations croissantes.

SUMMARY

The mineralogical, chemical and physico-chemical study of the «sols ardennais» permitted to distinguish statically the main pedological types observed. It revealed also the complex origin of the pedological parent material. This of the first importance to interpret the results.

In these very acid soils, the iron appeared, under certain combinations, as an element of choice to characterize the pedogenetic processes and the way of acting of the different humus types. To do so, curves of «complexable» iron (iron rendered soluble in oxalic acid at increasing concentrations) were established.

ZUSAMMENFASSUNG

Das mineralogisches, chemisches und physiko-chemisches Studium der «ardennais» Böden hat gestattet die hauptsächlichsten beobachteten Bodenarten zu unterscheiden.

Es hat auch den verwickelten Ursprung des Mutter-Gesteins enthüllt. Das ist von grosser Bedeutung um die Ergebnisse auszulegen.

In diesem sehr sauren Böden, Eisen, in gewissen Verbindungen, erscheint wie Auswahllement um Bodenentwicklungsprozessen und Handlungsweise von verschiedenen Humustypen zu charakterisieren. Darum hat man Kurven von «Komplexlichen» Eisen (Eisen in Kleesäure an steigender Konzentrierung auflösbar gemacht) festgestellt.

STATION LAITIERE DE L'ETAT A GEMBLOUX

Indices de réfraction et caractéristiques de consistance des beurres belges (*)

par

P. JAMOTTE et E. PIRAUX

INTRODUCTION

Lors des expertises organoleptiques, la qualité d'un beurre est déterminée par appréciation de son odeur, de sa texture et de son goût.

La texture doit se comprendre, dans ce cas, dans son sens le plus large. Elle dépend, en ordre principal :

- 1) de la consistance de la pâte ;
- 2) de la répartition de l'eau.

Dans une publication précédente (1), nous avons déjà souligné que les experts n'attachent généralement pas assez d'importance à l'état de répartition de l'eau dans les beurres.

En ce qui concerne la consistance, on constate également que les avis donnés par les experts sont assez imprécis et très relatifs.

Lors de la fixation des cotes de texture, les experts ont trop tendance à se laisser influencer par les valeurs préalablement établies pour le goût et l'odeur.

Les résultats d'expertises ne sont pratiquement valables que pour une même série de beurres examinée au même moment par les mêmes experts.

L'industriel beurrier qui veut, pour améliorer et corriger sa technique, suivre pas à pas l'évolution de la texture de sa production ne trouve pas suffisamment d'indications dans les cotes obtenues à des expertises successives.

(*) Déposé à la rédaction le 13 septembre 1957.

Seules des mesures objectives, faites dans des conditions bien standardisées, par des méthodes de laboratoire, peuvent lui fournir des indications valables. Les mesures de consistance ne peuvent toutefois remplacer totalement les évaluations faites par les experts. Elles doivent seulement permettre les comparaisons et aider la laiterie en lui fournissant une image imparfaite peut-être mais fidèle de la valeur de la pâte des beurres examinés.

LA MESURE DE LA CONSISTANCE

La consistance d'un beurre est la résultante de plusieurs propriétés physiques distinctes mais interdépendantes : la dureté, l'élasticité, la plasticité, la viscosité, la cohésion, l'adhérence, la faculté d'étalement (« tartinabilité »), la fermeté (résistance au ramollissement), etc...

De nombreuses méthodes de mesure de ces diverses propriétés ont été proposées. Divers appareils, depuis les plus simples jusqu'aux très compliqués ont été mis au point (2, 3).

Nous avons adopté d'emblée l'appareil conçu par le Dr KRUISHEER et l'Ir DEN HERDER et construit par Van Doorn. Ce consistomètre a l'avantage d'être robuste et éprouvé. Il est d'un maniement facile. Il donne dans la majorité des cas des résultats très reproductibles. De plus, il est intéressant de pouvoir comparer nos résultats avec ceux enregistrés en Hollande. L'appareil utilisé est donc semblable à ceux employés dans les stations d'expertise hollandaises (appareil à entraînement mécanique).

La consistance a été déterminée sur des échantillons de beurre préalablement conservés entre 4 et 7 jours à $\pm 13^{\circ}\text{C}$. Les consistances sont exprimées en $0,1 \text{ kg } 4 \text{ cm}^2$ à une température idéale de 13°C . On a fait usage des tables hollandaises de correction (été-hiver) pour tenir compte de légers écarts de température lors des déterminations (5).

L'INTERPRETATION DES RESULTATS

Les valeurs de consistance sont évidemment très variables selon les saisons, les régions, les techniques de fabrication, etc...

La consistance d'un beurre dépend surtout :

- 1) de la composition chimique de la matière grasse (seul composant pratiquement influent) ;
- 2) de l'état de cristallisation de la matière grasse dépendant de la technique de fabrication (traitements thermiques et mécaniques subis par la crème et le beurre en cours de fabrication et de conditionnement).

La composition de la matière grasse varie suivant le mode d'alimentation et la période de lactation du bétail. Le climat et l'altitude exercent également une influence (4).

L'industriel beurrier ne peut agir directement sur ces éléments. Seule, une modification dans la technique de fabrication peut lui permettre d'améliorer son beurre.

La première question à laquelle nous devons répondre était la suivante : quelle est la consistance normale d'un beurre de région et de saison données ?

Pour interpréter les nombreux chiffres recueillis, il convenait donc de rassembler d'abord les données par région et par saison.

La composition de la matière grasse varie également en fonction de ces deux facteurs : régional et saisonnier.

Pour la caractériser, nous avons eu recours, dans une recherche semblable portant sur de très nombreux échantillons, au test le plus rapide et le plus commode : la détermination de l'indice de réfraction effectuée au butyroréfractomètre de Zeiss à 40 °C.

Après le rangement par saison et par région, nous avons donc fait intervenir dans notre classification des résultats les diverses valeurs des indices de réfraction.

Le but final du présent travail a été de fixer des normes de consistance pour nos beurres d'été et d'hiver. Celles-ci étant définies, il est dès lors possible d'apprécier, du point de vue consistance, la valeur de la technique de fabrication suivie dans une beurrerie déterminée.

NATURE DES ECHANTILLONS EXAMINES

Le présent travail est basé sur l'ensemble des observations faites de 1952 à 1956. Les déterminations de la consistance et de l'indice de réfraction ont été effectuées sur près de 7.000 échantillons de beurres soumis mensuellement aux expertises officielles organisées par l'Office National du Lait (*) (± 1.250 kg de beurre en bocal de verre).

Ces échantillons provenaient de toutes nos beurreries belges.

VARIATIONS DE LA COMPOSITION DE LA MATIERE GRASSE (INDICES DE REFRACTION)

a. — Délimitation des régions

Initialement nous avons adopté les délimitations régionales esquissées dans les travaux antérieurs de HUYGE et KEYMEULEN sur les indices des beurres belges (6, 7). Vu le développement actuel de l'industrie laitière dans toutes les régions du pays, nous avons été amenés à inclure

(*) Les auteurs remercient vivement l'Office National du Lait et en particulier, son Directeur M. DEVRIENDT de l'aide qu'ils ont bien voulu leur apporter dans l'exécution de ce travail.

de nouvelles régions sur lesquelles on n'avait autrefois que des indications fragmentaires.

Dans la délimitation des régions, nous avons tenu compte des divers éléments suivants :

- 1) régions agricoles naturelles ;
- 2) altitude - proximité de la mer ;
- 3) races de bétail laitier.

Les 11 régions envisagées se délimitent comme suit (voir carte I) :

Région I. — FLANDRE-OCcidentALE

Cette région comprend la quasi-totalité de la Flandre-Occidentale sauf la zone sud avoisinant la vallée de la Lys. Elle couvre une partie de la région des Polders, des régions sablonneuse et sablo-limoneuse des Flandres. Elle comporte une trentaine de laiteries. C'est une région basse et maritime.

Région II. — BASSE BELGIQUE

Cette région est très étendue et possède le plus grand nombre de laiteries (70). Elle comprend les vallées de la Lys, de l'Escaut, de la Dendre, du Rupel, de la Senne, de la Dyle et du Démer. Elle correspond aux régions sablonneuse (A) et sablo-limoneuse (B) excepté les portions de celles-ci faisant partie des régions I et III.

Région III. — NORD DE LA FLANDRE-ORIENTALE

Cette région est assez restreinte. Elle couvre tout le nord de la Flandre-Orientale. Elle est constituée, à l'extrême nord et dans l'estuaire de l'Escaut par une bande de Polders, au centre par la région sablonneuse des Flandres. Elle possède quelques laiteries (15). C'est une région basse.

Région IV. — REGION HERBAGERE

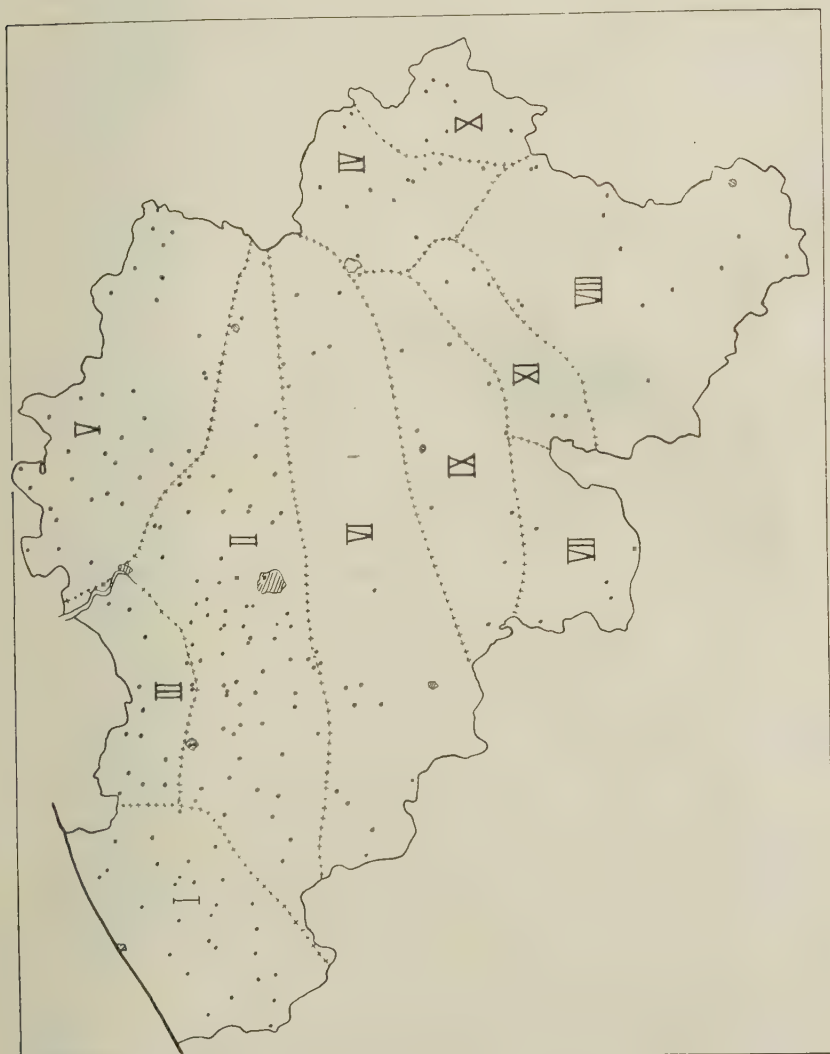
Cette région est étendue. Elle comprend le pays de Herve, les vallées de l'Ourthe inférieure, de la Vesdre, de l'Amblève, de la Salm et la région frontière d'Eupen. Elle correspond exactement à la région agricole herbagère de l'Est. Elle compte une quinzaine de laiteries. C'est une région dont l'altitude varie : si celle-ci atteint dans le sud 300 m au fond des vallées supérieures et près de 500 m sur les sommets, la majorité de la région se situe à une altitude moyenne oscillant entre 200 et 300 m.

Région V. — CAMPINE

Cette région est étendue et comporte un nombre important de laiteries (35). Elle occupe tout le nord, le centre et le sud-est de la province d'Anvers ainsi que tout le Limbourg situé au nord d'Hasselt. Elle correspond à la région agricole campinoise. C'est une région sablonneuse, d'altitude peu élevée et à climat plus continental.

Région VI. — ZONE LIMONEUSE

C'est une vaste région qui comprend relativement peu de laiteries (18), car c'est la région des grandes cultures. Elle correspond exactement à la zone agricole du limon couvrant une bonne partie de la moyenne Belgique (altitude moyenne 80-150 m).



CARTE I

TABLEAU I. — VALEURS MOYENNES DES INDICES DE REFRACTION PAR REGION

Régions	Années	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
I. Flandre Occidentale . . .	1952-54	42.2	41.9	41.9	42.4	43.6	43.4	43.7	44.2	44.1	43.8	43.0	42.3
	1955	42.0	41.8	41.5	41.6	42.8	43.2	43.1	43.4	43.8	43.5	42.7	41.9
	1956	41.9	41.8	41.6	41.9	43.1	43.2	43.3	43.8	43.9	43.3	42.2	41.6
II. Basse Belgique A : sablon. . . B : sablo-lim. . .	1952-54	41.8	41.9	41.9	42.1	43.5	43.5	44.2	44.2	44.2	43.7	42.9	42.0
	1955 A	41.8	41.7	41.5	41.6	42.8	43.1	43.3	43.8	43.8	43.4	43.0	41.6
	1955 B	41.7	41.5	41.5	41.6	42.9	43.3	43.3	43.8	43.9	43.3	42.2	41.6
III. Nord Flandre Orient. . . .	1952-54	42.1	41.7	41.9	42.4	43.2	43.6	44.1	44.1	44.1	43.7	43.0	42.0
	1955	41.8	41.6	41.4	41.7	42.9	43.1	43.4	43.6	43.7	43.4	42.0	41.7
	1956	41.5	41.6	41.6	41.6	42.9	43.3	43.8	44.4	44.5	44.6	44.2	43.0
IV. Herbagère de l'Est	1952-54	43.2	43.2	43.1	43.1	43.9	43.8	44.4	44.4	44.8	44.8	44.8	43.5
	1955	43.3	43.3	43.0	43.1	43.6	43.5	43.8	44.3	44.5	44.6	44.2	43.0
	1956	43.0	43.0	42.8	42.9	43.8	44.0	44.4	44.6	44.7	44.0	43.3	42.1
V. Campine . .	1952-54	42.0	41.9	42.0	42.1	43.4	43.8	44.4	44.6	44.7	44.0	43.3	42.1
	1955	41.9	41.8	41.6	41.6	42.8	43.2	43.5	44.2	44.4	43.9	42.5	41.7
	1956	41.5	41.6	41.5	41.7	42.9	43.7	44.3	44.3	44.1	43.7	42.7	41.9
VI. Limonaise .	1952-54	42.0	42.0	42.2	42.3	43.8	43.8	44.3	44.3	44.6	44.3	43.1	42.3
	1955	42.0	41.8	41.7	42.1	43.4	43.6	43.8	44.1	44.1	43.7	42.7	41.9
	1956	41.4	41.7	41.7	42.0	43.5	43.9	44.6	44.7	44.6	45.0	44.1	42.3
VII. Chimay - Philippeville .	1952-54	42.6	42.5	42.9	42.9	44.2	43.9	44.6	44.9	45.3	45.0	44.9	43.1
	1955	43.0	42.5	42.2	43.1	44.3	43.6	44.0	44.7	44.6	45.0	44.1	42.3
	1956	43.3	42.6	43.0	43.2	44.0	43.9	44.7	45.1	45.4	44.8	44.1	42.5
VIII. Ardennes et Gaume	1952-54	42.9	43.0	43.1	43.4	44.3	44.3	44.7	45.1	45.4	45.4	45.0	43.3
	1955	43.3	43.2	42.7	42.9	44.0	44.0	44.7	44.8	44.9	44.8	44.1	42.5
	1956	42.5	42.9	42.6	42.9	44.1	44.6	44.9	45.1	45.4	44.8	44.1	42.5
IX. Condroz . .	1952-54	42.7	42.6	42.9	43.0	44.3	44.2	44.9	44.9	45.2	45.0	44.4	43.1
	1955	43.0	43.0	42.7	42.8	44.2	43.9	44.4	44.6	45.0	44.5	43.9	42.1
	1956	42.5	42.6	42.4	42.9	44.2	44.3	44.5	44.9	44.4	44.7	44.5	42.9
X. Haute Ardenne de l'Est	1952-54	43.3	43.3	43.3	43.7	44.1	44.0	44.5	44.9	44.7	45.2	44.9	43.5
	1955	43.5	43.4	43.1	43.0	43.4	43.8	43.9	44.5	44.4	44.7	44.5	42.9
	1956	42.9	43.0	42.8	43.0	43.5	44.1	44.7	44.7	45.1	45.2	44.9	43.4
XI. Famenne . .	1952-54	42.9	42.8	42.8	42.9	44.3	44.1	44.7	44.7	45.1	45.2	44.9	43.4
	1955	42.8	43.0	42.9	43.2	43.8	43.9	44.0	44.7	44.6	44.7	44.5	42.6
	1956	42.4	42.5	42.5	42.5	43.5	43.5	44.0	44.7	44.6	44.7	44.5	42.6

Région VII. — CHIMAY-PHILIPPEVILLE

Située à l'extrême sud des provinces du Hainaut et de Namur à l'ouest de la Meuse, cette région correspond à la région herbagère des Fagnes et de la Famenne. Elle comporte quelques laiteries (5). L'altitude moyenne se situe entre 200 et 300 m.

Région VIII. — ARDENNES ET GAUME

Région des hautes vallées et des hauts plateaux : cette région dans laquelle nous faisons rentrer le sud du Luxembourg (Lorraine belge), compte quelques beurreries (13). C'est une région d'altitude élevée, à climat rude.

Région IX. — CONDROZ

Cette région étendue correspond exactement à la région agricole du même nom. Elle comporte une dizaine de laiteries. Région d'altitude moyenne : 100-300 m.

Région X. — EST-HAUTE ARDENNE

Cette région correspond au district de Malmédy-Saint-Vith. Les zones de la Haute Ardenne (500 m et +) drainées par les laiteries (7) sont constituées par les hautes vallées. A côté des forêts la région comprend de vastes herbages.

Région XI. — FAMENNE

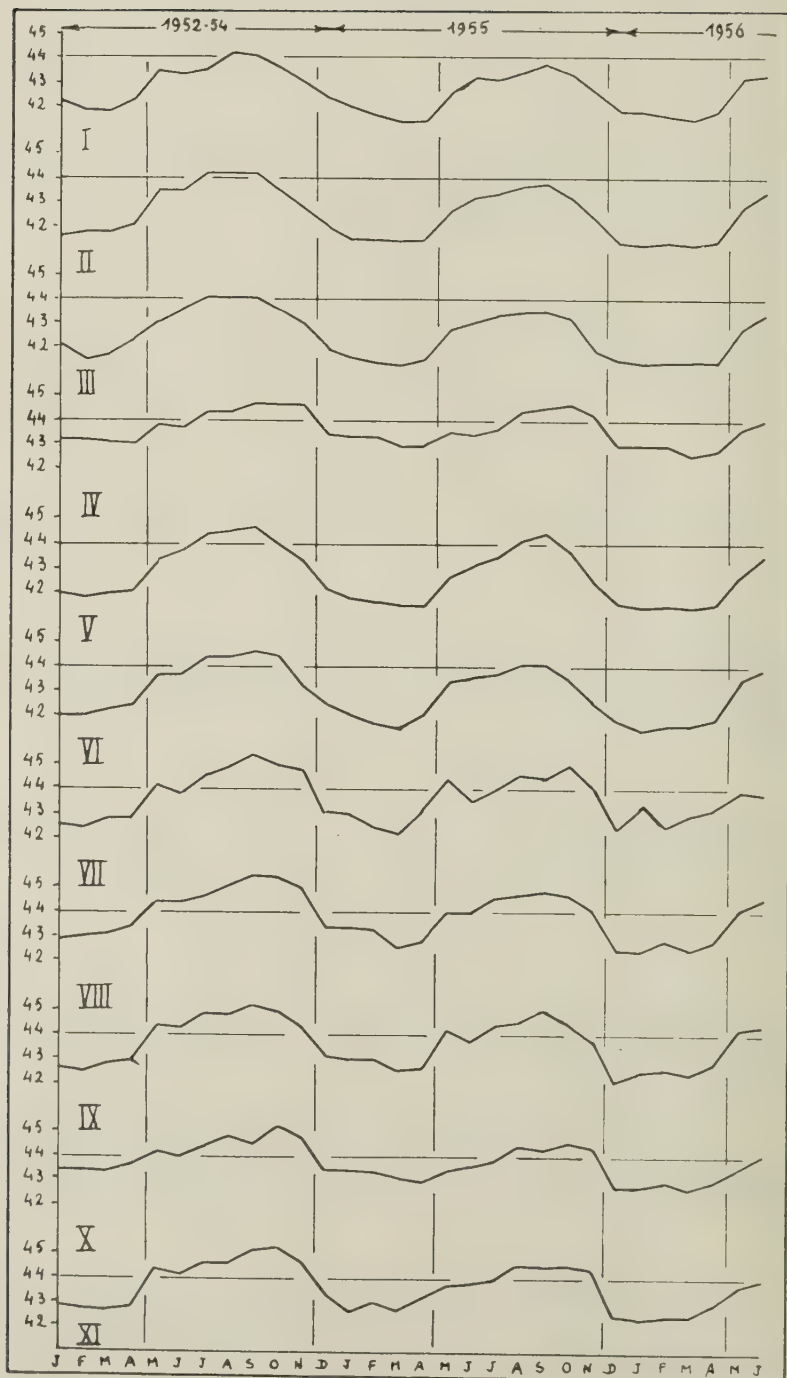
Cette région intermédiaire entre le Condroz et les premiers contre-forts des Ardennes est assez étendue. L'altitude moyenne y est moins élevée qu'en Condroz. Quelques laiteries y sont situées (5).

b. — Indices de réfraction

Nous avons détaillé dans le tableau I, les valeurs moyennes mensuelles des indices de réfraction des beurres des diverses régions de janvier 1955 à juin 1956. Les valeurs moyennes calculées pour la période 1952 à 1954 y figurent également.

Le graphique II schématise les données du premier tableau. Remarquons pour les indices d'été, des valeurs généralement plus élevées en 1952-54 qu'en 1955. Par contre, les valeurs des indices d'hiver sont souvent plus basses pendant la saison 1955-56 qu'au cours des premiers mois de 1955.

Nous avons signalé dans le graphique l'époque des changements de saisons (pâturage-stabulation) au printemps et en automne. C'est à ce moment que les courbes s'infléchissent le plus fortement (avril-mai et novembre-décembre).



GRAPHIQUE II

TABLEAU II. — VALEURS MOYENNES DES INDICES DE RÉFRACTION PAR RÉGION
 1952 - 1953 - 1954 - 1955 - 1956 — Nombre total d'échantillons : 6.896
 (1922 - 1931 (Huyge) — Nombre total d'échantillons : plus de 20.000)

Régions	Nombre éch. p ^r région	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
I. Flandre Occid.	847	41.9 (41.7)	41.8 (42.0)	41.6 (41.8)	41.9 (42.3)	43.1 (43.3)	43.2 (43.3)	43.3 (43.5)	43.7 (43.8)	43.8 (43.7)	43.6 (43.1)	42.9 (42.2)	42.6 (41.9)
II. Basse Belgique (A + B)	2.118	41.7 (41.8)	41.7 (41.9)	41.6 (42.0)	41.8 (42.5)	43.1 (43.2)	43.4 (43.6)	43.8 (44.0)	44.0 (44.1)	43.1 (43.9)	43.0 (43.0)	42.8 (42.2)	41.8 (42.0)
III. Nord Flandre Orient.	444	41.7 (41.4)	41.6 (41.3)	41.6 (41.3)	41.9 (41.8)	43.0 (43.0)	43.3 (43.7)	43.7 (44.0)	43.9 (44.5)	43.9 (44.3)	43.6 (43.1)	42.8 (42.2)	41.9 (41.6)
IV. Herbagère de l'Est	521	43.2	43.2	43.0	43.1	43.8	43.7	44.3	44.4	44.7	44.7	44.6	43.3
V. Campine . .	903	41.4 (42.2)	41.7 (42.1)	41.7 (42.2)	41.8 (42.5)	43.0 (43.5)	43.6 (44.2)	43.9 (44.6)	44.3 (45.0)	44.5 (44.9)	43.9 (43.8)	43.0 (42.6)	41.9 (42.5)
VI. Limonaise .	547	41.8 (41.7)	41.8 (41.6)	41.9 (41.5)	42.1 (41.7)	43.6 (43.4)	43.8 (43.8)	44.2 (44.1)	44.3 (44.4)	44.4 (44.5)	44.0 (43.5)	43.0 (41.6)	42.2 (41.7)
VII. Chimay - Philippeville .	180	42.9 (42.7)	42.5 (43.1)	42.7 (43.1)	43.0 (43.5)	44.2 (44.0)	43.7 (44.0)	44.5 (44.5)	44.8 (44.7)	45.0 (44.8)	45.0 (44.7)	44.8 (43.9)	42.9 (42.9)
VIII. Ardennes et Gaume	565	42.9 * (42.2)	43.0 (42.3)	42.9 (42.5)	43.2 (42.9)	44.2 (43.9)	44.3 (44.3)	44.8 (44.5)	45.0 (45.1)	45.3 (45.0)	45.2 (44.7)	44.7 (43.5)	43.1 (42.5)
IX. Condroz . .	334	42.7	42.7	42.7	43.0	44.2	44.1	44.7	44.9	45.1	44.8	44.2	42.8
X. Haute Ardenne de l'Est	251	43.3 (42.7)	43.2 (42.7)	43.1 (42.6)	43.3 (42.7)	43.7 (43.7)	44.0 (43.8)	44.3 (44.2)	44.8 (44.5)	44.6 (44.6)	45.0 (44.7)	44.3 (44.2)	43.3 (43.1)
XI. Fauenne . .	186	42.7	42.7	42.2	43.0	44.1	44.0	44.6	44.7	45.1	45.0	44.8	43.2

(*) Résultats des Ardennes seulement.

Le tableau II donne par région, les valeurs moyennes mensuelles calculées pour la totalité des échantillons examinés de 1952 à 1956.

Nous avons mis en parallèle, avec nos chiffres récents, les valeurs précédemment établies par HUYGE pour la période 1922-1931 (20.000 éch.) Ces valeurs ne figurent qu'à titre indicatif. Les comparaisons ne peuvent être faites d'une manière absolue. Nous avons déjà signalé que les circonstances dans lesquelles les deux enquêtes se sont déroulées diffèrent : de nombreuses beurreries nouvelles se sont établies un peu partout dans le pays et plus particulièrement dans certaines régions où l'industrie laitière était autrefois pratiquement inexistante. C'est ce qui explique que certaines régions actuellement prises en considération n'étaient pas mentionnées dans le travail de nos prédécesseurs.

Les graphiques III et IV sont dressés à partir des données du tableau II.

Les courbes établies sur la base des chiffres recueillis au cours de ces dernières années coïncident approximativement avec celles découlant des observations antérieures. Les valeurs actuelles semblent légèrement plus élevées qu'autrefois, sauf pour le nord de la Flandre-Orientale et la Campine. Dans cette dernière région, on note des indices moins élevés qu'il y a 30 ans, tout au moins pendant une bonne partie de l'année. Pour toutes les régions, on constate que les portions des courbes correspondant aux valeurs maxima ont actuellement tendance à être déportées quelque peu vers l'arrière-saison. Cette constatation pourrait peut-être s'expliquer non seulement par une amélioration des conditions d'alimentation du bétail et une amélioration des méthodes d'affouragement et de culture, mais également par une incorporation plus poussée de beurres de frigo dans les beurres de fin d'année. Les beurres des régions basses du pays présentent des maxima qui ne dépassent guère 44 (régions I, II, III). Les maxima s'élèvent aux environs de 44,5 pour les beurres de Campine et de moyenne Belgique (régions IV, V, VI) et atteignent 45 et plus pour la haute Belgique (régions VII, VIII, IX, X, XI).

Caractéristiques des courbes par région

FLANDRE-OCCIDENTALE (rég. I)

Courbe de faible amplitude (41,6 à 43,8) avec relèvement brusque en mai et temps d'arrêt en juin. Le maximum est atteint en août-septembre, le minimum en février-mars.

BASSE BELGIQUE (rég. II)

Courbe de faible amplitude. Brusque montée en mai.

NORD DE LA FLANDRE-ORIENTALE (rég. III)

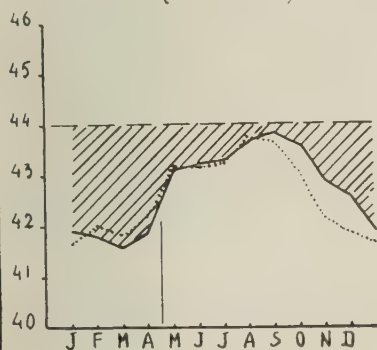
Minimum accentué en février-mars. Montée régulière des indices sans temps d'arrêt jusqu'en juillet. Maximum étalé en juillet, août, septembre. Chute régulière jusqu'en février.

VALEURS MOYENNES DES INDICES DE REFRACTION

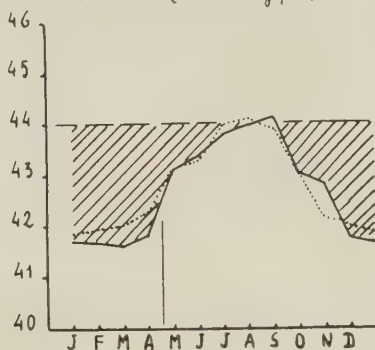
— 1952 - 1956
 1922 - 1931

6896 échantillons

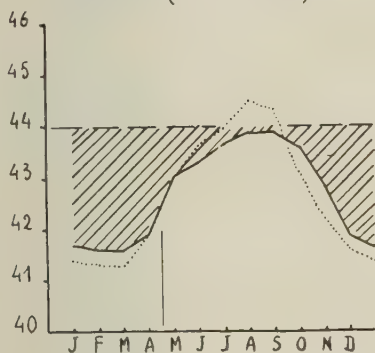
REGION I (Flandre Occ.)



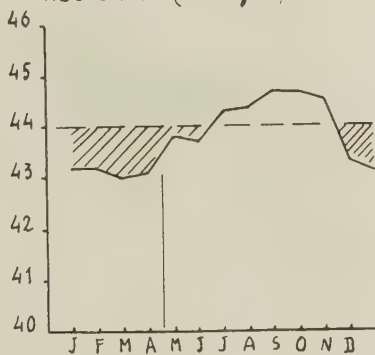
REGION II (Basse Belgique)



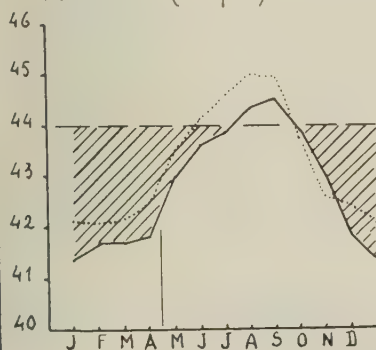
REGION III (Flandre Or.)



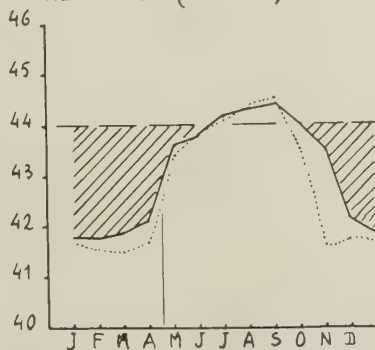
REGION IV (Hocbager)



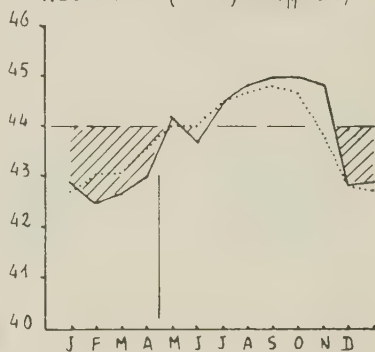
REGION V (Campine)



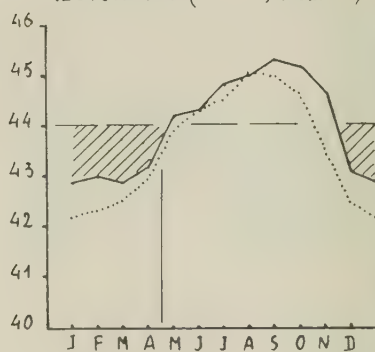
REGION VI (Limonoise)



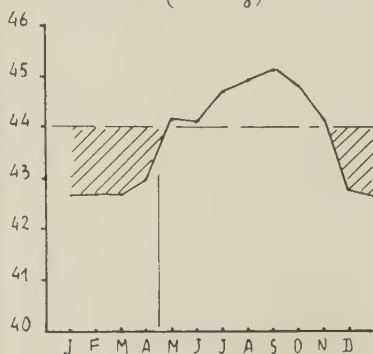
REGION VII (Chimay, Philippesville)



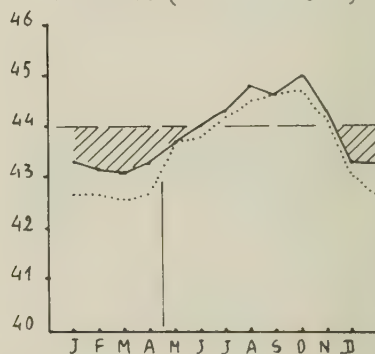
REGION VIII (Ardenne et Gauxme)



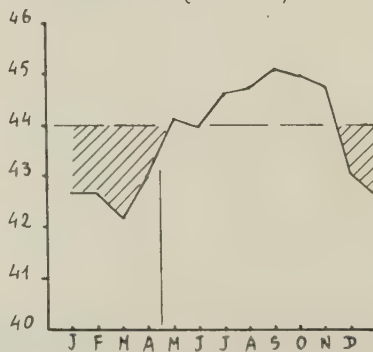
REGION IX (Condroz)



REGION X (H^{te} Ardenne de l'Est)



REGION XI (Famenne)



REGION HERBAGERE (rég. IV)

Courbe de très faible amplitude. Minimum anormalement élevé se situant de janvier à avril. Montée brusque en mai, se prolongeant avec des paliers jusqu'à la période des maxima ne se présentant qu'en septembre, octobre, novembre. Chute brusque en décembre.

REGION CAMPINOISE (rég. V)

Courbe de forte amplitude (41,4 à 44,5). Minimum en janvier. Ascension régulière jusqu'en août-septembre. Maximum très bref suivi d'une chute régulière en octobre, novembre et décembre.

REGION LIMONEUSE (rég. VI)

Courbe d'amplitude moyenne. Minimum en janvier-février, montée brusque en mai suivie d'un temps d'arrêt. Ascension se poursuivant par paliers jusqu'à un maximum très bref situé en septembre. Chute lente en octobre s'accroissant en novembre et décembre.

CHIMAY-PHILIPPEVILLE (rég. VII)

Minimum en février. Ascension très irrégulière. Brusque montée en mai. Temps d'arrêt en juin, puis nouvelle montée jusqu'en septembre-octobre, époque à laquelle un maximum assez élevé est atteint. Chute lente en novembre puis brusque en décembre.

ARDENNES ET GAUME (rég. VIII)

Courbe de forte amplitude avec maxima déportés vers l'arrière-saison. Minimum de janvier à mars. Montée lente et régulière jusqu'en mai. Léger temps d'arrêt. Reprise de la montée qui se poursuit régulièrement jusqu'à l'époque des maxima (septembre-octobre). Chute assez brusque en novembre-décembre.

CONDROZ (rég. IX)

Courbe d'amplitude assez forte. Minimum de janvier à mars. Montée brusque en mai suivie d'un temps d'arrêt en juin. Maxima en septembre. Chute lente et progressive en octobre, novembre et décembre. Cette courbe est analogue à celle de la région VII.

HAUTE ARDENNE DE L'EST (rég. X)

Courbe de faible amplitude. Minimum très élevé en janvier, février, mars (plus élevé que rég. VIII). Montée lente jusqu'en août. Nouveau temps d'arrêt en août-septembre. Deuxième maximum en octobre. Chute brusque en novembre-décembre.

FAMENNE (rég. XI)

Courbe sensiblement identique à celles des régions VII et IX. Valeurs maxima reportées à l'arrière-saison.

TABLEAU III
 VALEURS MOYENNES DES CONSISTANCES EN FONCTION DES INDICES DE REFRACTION
Beurres d'été

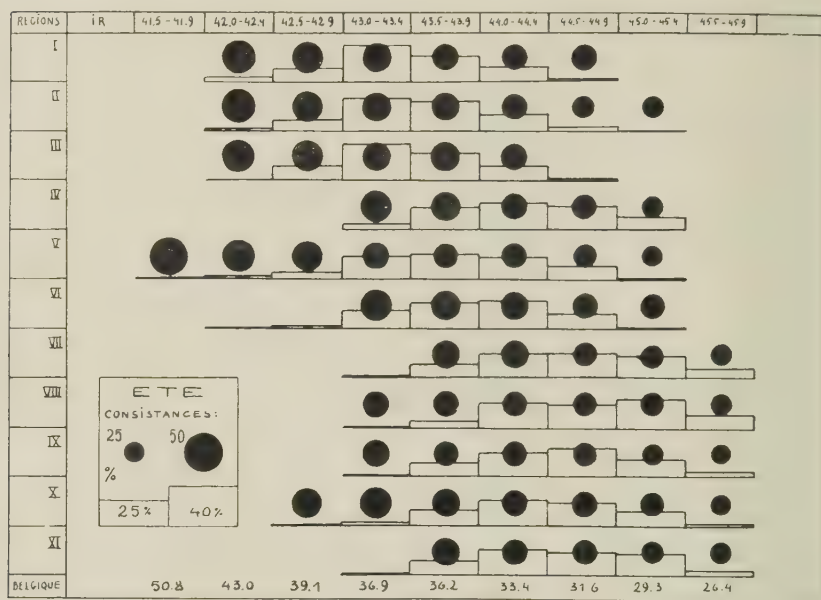
Indices	Nbres éch.	41,0 à 41,4	41,5 à 41,9	42,0 à 42,4	42,5 à 42,9	43,0 à 43,4	43,5 à 43,9	44,0 à 44,4	44,5 à 44,9	45,0 à 45,4	45,4 à 45,9	46,0 à 46,4
		Régions										
F. Occ. I . . .	414			43,3 4,1	39,2 12,3	37,1 37,9	35,7 27,1	33,6 16,7	33,9 1,9			
B. Belg. II . . .	1.000			42,7 2,7	39,1 10,4	36,8 32,6	35,8 30,4	34,2 18,6	30,2 4,5	28,1 0,7		
F. Or. III . . .	219			42,2 2,3	41,2 14,1	37,1 37,0	38,1 28,8	33,5 15,1				
Herbag. IV . . .	298				1,0	40,0 8,4	37,2 22,5	34,2 28,5	32,3 25,2	27,5 13,1	1,3	
Camp. V . . .	446		49,8 1,1	42,2 3,4	37,8 7,8	34,0 22,9	32,1 27,6	31,6 22,4	30,0 13,5	26,3 1,3		
Limb. VI . . .	273		1,1		3,3	40,6 19,8	37,7 27,5	35,8 29,3	33,6 16,1	32,0 2,9		
Ch.-Ph. VII . . .	102					2,0	35,2 13,7	35,0 25,5	32,0 25,5	31,2 22,5	28,3 10,8	
Ard. G. VIII . . .	297					34,0 1,3	33,0 7,4	31,4 25,3	31,2 22,9	30,3 30,0	27,1 13,1	
Cdrz. IX . . .	181					35,0 1,6	32,6 14,9	31,4 26,0	30,3 30,0	27,8 19,3	24,8 8,3	
H. Ard. X . . .	137				37,3 2,2	41,0 4,4	35,6 17,5	33,3 28,5	32,9 26,3	31,3 16,8	26,7 4,4	
Fam. XI . . .	108					0,9	35,5 14,8	33,0 27,7	31,5 25,9	29,6 23,1	26,9 7,4	
BELGIQUE . . .	3.475		50,8	43,0	39,1	36,9	36,2	33,4	31,6	29,3	26,4	

Chiffres soulignés : consistances.

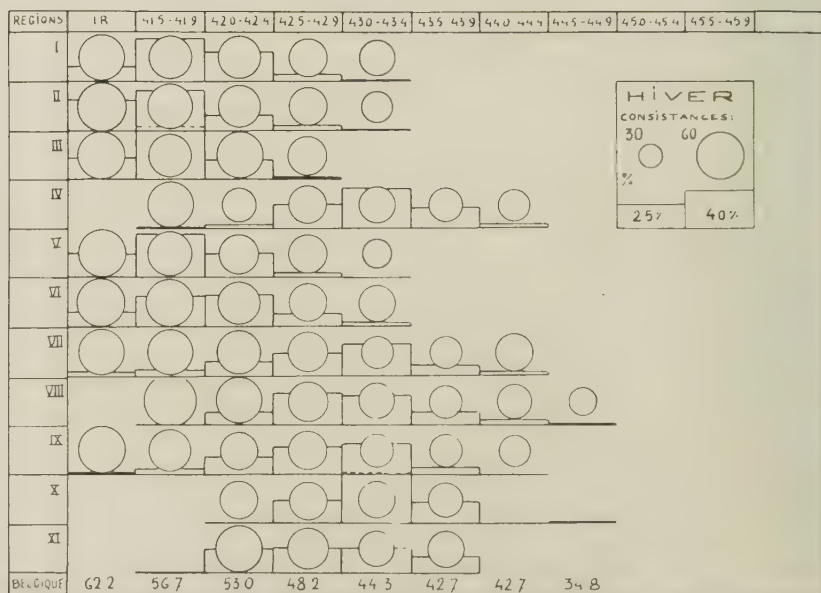
Indices		41,0 à 41,4	41,5 à 41,9	42,0 à 42,4	42,5 à 42,9	43,0 à 43,4	43,5 à 43,9	44,0 à 44,4	44,5 à 44,9	45,0 à 45,4	45,4 à 45,9	46,4 à 46,0
Régions	Nbres éch.											
F. Occ. I . . .	414	59,2 15,5	53,5 44,4	52,7 30,4	48,4 8,0	45,4 1,7						
B. Belg. II . . .	1.103	63,6 31,5	57,9 41,3	53,4 17,6	47,5 7,2	39,6 2,0						
F. Or. III . . .	213	60,3 21,6	55,2 54,4	55,3 20,2	50,2 2,8							
Herb. IV . . .	215		58,8 1,9	43,7 4,2	47,1 24,6	45,9 41,4	43,1 20,5	40,0 6,0				
Camp. V . . .	454	60,9 24,9	56,3 42,5	50,0 26,2	48,2 5,5	38,5 0,9						
Lim. VI . . .	265	61,9 16,2	60,9 31,7	53,9 32,1	47,4 13,2	46,7 5,7						
Ch. Ph. VII . . .	81	58,8 4,9	57,6 8,6	54,8 16,0	49,5 22,2	40,8 32,1	41,2 11,1	47,0				
Ard. G. VIII . . .	256		67,5 0,8	58,0 14,4	49,3 33,2	44,7 30,5	41,6 13,3	43,5 6,2	34,8 1,6			
Cdrz. IX . . .	147	60,0 3,4	51,7 6,8	48,2 19,7	47,8 29,3	42,5 32,0	41,0 8,8	40,0				
H. Ard. X . . .	110			48,0 0,9	46,9 21,8	45,7 52,7	44,0 21,8					
Fam. XI . . .	89			59,0 24,7	50,3 25,8	44,9 25,8	46,2 18,0					
BELGIQUE . . .	3.347	62,2	56,7	53,0	48,2	44,3	42,7	42,7				

Chiffres soulignés : consistances.

Chiffres non soulignés : % du nombre de beurres d'une même région compris dans une catégorie d'I. R.



GRAPHIQUE V



GRAPHIQUE VI

VARIATIONS DES VALEURS DE CONSISTANCE

Nous avons calculé pour la totalité des résultats enregistrés de 1952 à 1956 les moyennes des consistances des beurres de mêmes régions et de mêmes saisons, classés selon les catégories correspondantes d'indices de réfraction (moyennes arithmétiques).

Le tableau III se rapporte aux beurres d'été (mai à octobre-novembre).

Le tableau IV correspond aux beurres d'hiver (décembre à avril).

Dans ces deux tableaux sont également mentionnés les nombres d'échantillons examinés par régions ainsi que les pourcentages du nombre de beurres d'une même région compris dans une catégorie d'indices de réfraction déterminée.

Les graphiques V et VI schématisent les données des deux tableaux précédents.

Nous avons également calculé quelques données statistiques sur les valeurs de consistance des beurres rassemblés dans les tableaux III et IV. En effet, en plus des moyennes arithmétiques, les valeurs suivantes ont été déterminées :

σ : standard de déviation

V : coefficient de variation ou dispersion relative exprimée en % de la moyenne

m : erreur probable

Mg : moyennes générales correspondant à la moyenne arithmétique $\pm 3 \times$ erreur probable.

La liste A reprend les valeurs établies pour les beurres d'été. La liste B celles établies pour les beurres d'hiver.

A l'examen des listes de résultats ci-annexées, on constate que les standards de déviation sont assez variables mais en général très élevés. Ils expriment la variabilité absolue de la consistance des beurres d'un même groupe (mêmes régions et mêmes valeurs d'indice de réfraction). Plus le σ est élevé, plus la différence entre le minimum et le maximum de consistance d'une même série est grande. En d'autres mots, plus le σ est faible, plus le groupe d'échantillons examinés est homogène. Les standards de déviation ne peuvent se comparer que s'ils s'appliquent à des grandeurs semblables. C'est pourquoi afin de mieux comparer le comportement des nombreux groupes d'échantillons considérés, nous avons calculé les coefficients de variation. Les valeurs obtenues dans les divers groupes sont généralement élevées (entre 15 et 20).

La grande variabilité des résultats obtenus peut s'expliquer. Les variations de consistance dépendent, pour une large part, des conditions de fabrication : la technique et le matériel utilisés jouent un grand

LISTE A — BEURRES D'ETE

Régions	Indices de réfraction	Consistances				
	Classes	Moyen. arithm.	Moyennes générales	Stand. de dév.	Dispers. relat.	Erreurs prob.
I	42.0-42.4	43.3	38.4-48.2	6.66	15.5	1.62
	42.5-42.9	39.2	36.6-41.9	6.34	16.2	0.89
	43.0-43.4	37.1	35.4-38.8	7.17	19.4	0.57
	43.5-43.9	35.7	33.4-37.9	7.78	21.6	0.74
	44.0-44.4	33.6	31.1-36.0	6.70	19.7	0.81
	44.5-44.9	33.9	22.3-45.5	10.93	32.1	3.87
II	42.0-42.4	42.7	38.0-47.4	8.07	18.8	1.55
	42.5-42.9	39.1	37.3-40.9	6.15	15.8	0.60
	43.0-43.4	36.8	35.6-37.9	6.65	18.0	0.37
	43.5-43.9	35.8	34.7-36.9	6.19	17.2	0.36
	44.0-44.4	34.2	32.8-35.6	6.32	18.6	0.46
	44.5-44.9	30.2	28.0-32.4	4.99	16.6	0.74
III	45.0-45.4	28.1	21.4-34.9	5.93	21.2	2.24
	42.5-42.9	41.2	40.0-42.4	2.22	5.4	0.40
	43.0-43.4	37.1	36.4-37.9	2.25	6.0	0.25
	43.5-43.9	38.1	37.1-39.1	2.70	7.1	0.34
	44.0-44.4	33.5	32.4-34.6	2.07	6.2	0.36
IV	43.0-43.4	40.0	36.1-43.8	6.46	16.2	1.29
	43.5-43.9	37.2	34.4-39.9	7.57	20.4	0.92
	44.0-44.4	34.2	31.5-36.9	8.19	23.9	0.89
	44.5-44.9	32.3	30.2-34.3	5.86	18.2	0.68
	45.0-45.4	27.5	25.3-29.7	4.56	16.6	0.73
V	42.0-42.4	42.2	36.4-48.0	7.42	17.6	1.92
	42.5-42.9	37.8	33.8-41.7	7.81	20.7	1.32
	43.0-43.4	34.0	32.0-35.9	6.54	19.3	0.65
	43.5-43.9	32.1	30.4-33.8	6.19	19.3	0.56
	44.0-44.4	31.6	29.7-33.5	6.40	20.2	0.64
	44.5-44.9	30.0	27.8-32.2	6.51	18.7	0.72
VI	43.0-43.4	40.6	37.1-44.0	8.45	20.8	1.14
	43.5-43.9	37.7	35.0-40.3	7.73	20.5	0.89
	44.0-44.4	35.8	33.1-38.4	7.84	21.9	0.88
	44.5-44.9	33.6	29.4-37.8	9.30	27.6	1.40
VII	43.5-43.9	35.2	31.7-38.8	4.40	12.5	1.18
	44.0-44.4	35.0	29.0-40.9	9.95	28.5	1.98
	44.5-44.9	32.0	28.6-35.4	5.77	18.0	1.13
	45.0-45.4	31.2	26.8-35.5	7.02	22.5	1.46
	45.5-45.9	28.3	23.7-32.9	5.10	18.0	1.53
VIII	43.5-43.9	33.0	30.6-35.3	3.66	11.1	0.78
	44.0-44.4	31.4	29.2-33.5	6.21	19.8	0.72
	44.5-44.9	31.2	28.8-33.6	6.59	21.1	0.80
	45.0-45.4	30.3	28.7-31.7	4.69	15.5	0.50
	45.5-45.9	27.1	25.1-29.1	4.11	15.1	0.66
IX	43.5-43.9	32.6	28.4-36.8	7.31	22.4	1.40
	44.0-44.4	31.4	27.9-34.8	7.82	24.9	1.14
	44.5-44.9	30.3	28.0-32.6	5.59	18.4	0.76
	45.0-45.4	27.8	24.8-30.8	5.94	21.4	1.00
	45.5-45.9	24.8	19.5-30.1	6.83	27.5	1.76
X	43.5-43.9	35.6	31.8-39.3	6.16	17.3	1.25
	44.0-44.4	33.3	30.5-36.2	5.96	17.9	0.95
	44.5-44.9	32.9	30.4-35.5	5.16	15.7	0.86
	45.0-45.4	31.3	28.2-34.3	4.90	15.7	1.02
XI	43.5-43.9	35.5	30.8-40.2	6.25	17.6	1.56
	44.0-44.4	33.0	30.1-35.8	5.18	15.7	0.95
	44.5-44.9	31.5	28.2-34.7	5.76	18.3	1.09
	45.0-45.4	29.6	25.5-33.7	6.80	23.0	1.36

LISTE B — BEURRES D'HIVER

Régions N ^{os}	Indices de réfraction	Consistances				
	Classes	Moyen. arithm.	Moyennes générales	Stand. de dév.	Dispers. relat.	Erreurs prob.
I	41.0-41.4	59.2	55.4-63.0	10.20	17.3	1.27
	41.5-41.9	53.5	51.4-55.6	9.32	17.6	0.69
	42.0-42.4	52.7	49.7-55.7	11.10	20.9	0.99
	42.5-42.9	48.4	44.5-52.4	7.57	15.8	1.32
	43.0-43.4	45.4	36.2-54.6	8.07	17.9	3.06
II	41.0-41.4	63.6	61.7-65.5	11.65	18.3	0.63
	41.5-41.9	57.9	56.3-59.5	11.59	20.0	0.54
	42.0-42.4	53.4	51.0-55.8	11.33	21.2	0.81
	42.5-42.9	47.5	43.8-51.2	10.95	23.0	1.23
	43.0-43.4	39.6	34.4-44.7	8.24	20.8	1.72
III	41.0-41.4	60.3	59.0-61.6	2.91	4.8	0.43
	41.5-41.9	55.2	54.4-55.9	2.74	4.9	0.25
	42.0-42.4	55.3	54.0-56.7	2.98	5.4	0.45
IV	42.5-42.9	47.1	43.0-51.1	9.87	21.0	1.35
	43.0-43.4	45.9	42.1-49.8	10.19	22.2	1.08
	43.5-43.9	43.1	38.3-47.9	10.69	24.8	1.61
	44.0-44.4	40.0	31.2-48.8	10.56	26.4	2.93
V	41.0-41.4	60.9	58.2-63.5	9.21	15.1	0.87
	41.5-41.9	56.3	54.2-58.5	9.97	17.7	0.72
	42.0-42.4	50.0	46.8-52.2	9.78	19.6	0.90
	42.5-42.9	48.2	41.8-54.5	10.56	21.9	2.11
VI	41.0-41.4	61.9	55.6-68.2	13.76	22.2	2.10
	41.5-41.9	60.9	56.7-65.0	12.73	20.9	1.39
	42.0-42.4	53.9	50.1-57.7	11.80	21.9	1.28
	42.5-42.9	47.4	42.4-52.4	9.77	20.6	1.65
	43.0-43.4	46.7		13.88	29.5	3.56
VII	42.0-42.4	54.8	41.4-68.2	16.10	29.3	4.47
	42.5-42.9	49.5	41.4-57.6	11.47	23.2	2.70
	43.0-43.4	40.8	36.0-45.5	8.09	19.8	1.59
VIII	42.0-42.4	58.0	53.3-62.8	9.67	16.6	1.59
	42.5-42.9	49.3	46.4-52.1	8.77	17.8	0.95
	43.0-43.4	44.7	42.1-47.4	7.79	17.4	0.88
	43.5-43.9	41.6	38.0-45.2	6.93	16.6	1.19
	44.0-44.4	43.5	36.5-50.5	9.36	21.5	2.34
IX	42.0-42.4	48.2	43.7-52.7	8.10	16.8	1.50
	42.5-42.9	47.8	42.9-52.7	10.69	22.4	1.63
	43.0-43.4	42.5	38.6-46.4	8.92	21.0	1.30
	43.5-43.9	41.0	36.6-45.4	5.27	12.8	1.46
X	42.5-42.9	46.9	51.1-42.6	6.98	14.9	1.42
	43.0-43.4	45.7	48.8-42.7	7.67	16.8	1.01
	43.5-43.9	44.0	48.5-39.6	7.27	16.5	1.48
XI	42.0-42.4	59.0	66.8-51.2	12.20	20.7	2.60
	42.5-42.9	50.3	56.4-44.3	9.68	19.2	2.02
	43.0-43.4	44.9	50.7-39.1	9.17	20.4	1.91
	43.5-43.9	46.2	55.1-37.3	11.90	25.8	2.97

rôle. Les différences de techniques de fabrication existant entre les diverses laiteries d'une même région expliquent le grand étalement des résultats enregistrés.

Vient ensuite le facteur *composition de la matière grasse* qui est inéluctable. Reflétée dans nos essais par les indices de réfraction, son influence apparaît nettement lorsque l'on considère les valeurs moyennes de consistance établies pour les diverses classes d'indices dans une même région.

Le *facteur régional* qui apparaît lorsqu'on se limite à comparer des beurres fabriqués à la même époque dans diverses régions du pays, ne semble plus avoir cependant d'influence si l'on considère les mêmes échantillons classés selon la composition de leur matière grasse (Indice de Réfraction).

Finalement, la *méthode de détermination* utilisée peut être prise en défaut dans certains cas, particulièrement en hiver (beurres cassants, friables, sableux, ...).

La température unique, été-hiver, de 13 °C à laquelle s'effectuent les déterminations n'est peut-être pas idéale. Les déterminations de consistance gagneraient probablement en précision à être effectuées pendant la bonne saison à une température plus élevée (par exemple : 18 °C). Cette modification de la méthode présenterait le double avantage de donner une valeur plus proche de la réalité et d'éviter l'influence néfaste du réchauffement des échantillons, en cours de transport, à une température largement supérieure à celle de conservation préalable (4-7 jours) et d'examen (9, 10).

ETABLISSEMENT DE « NORMES » DE CONSISTANCE

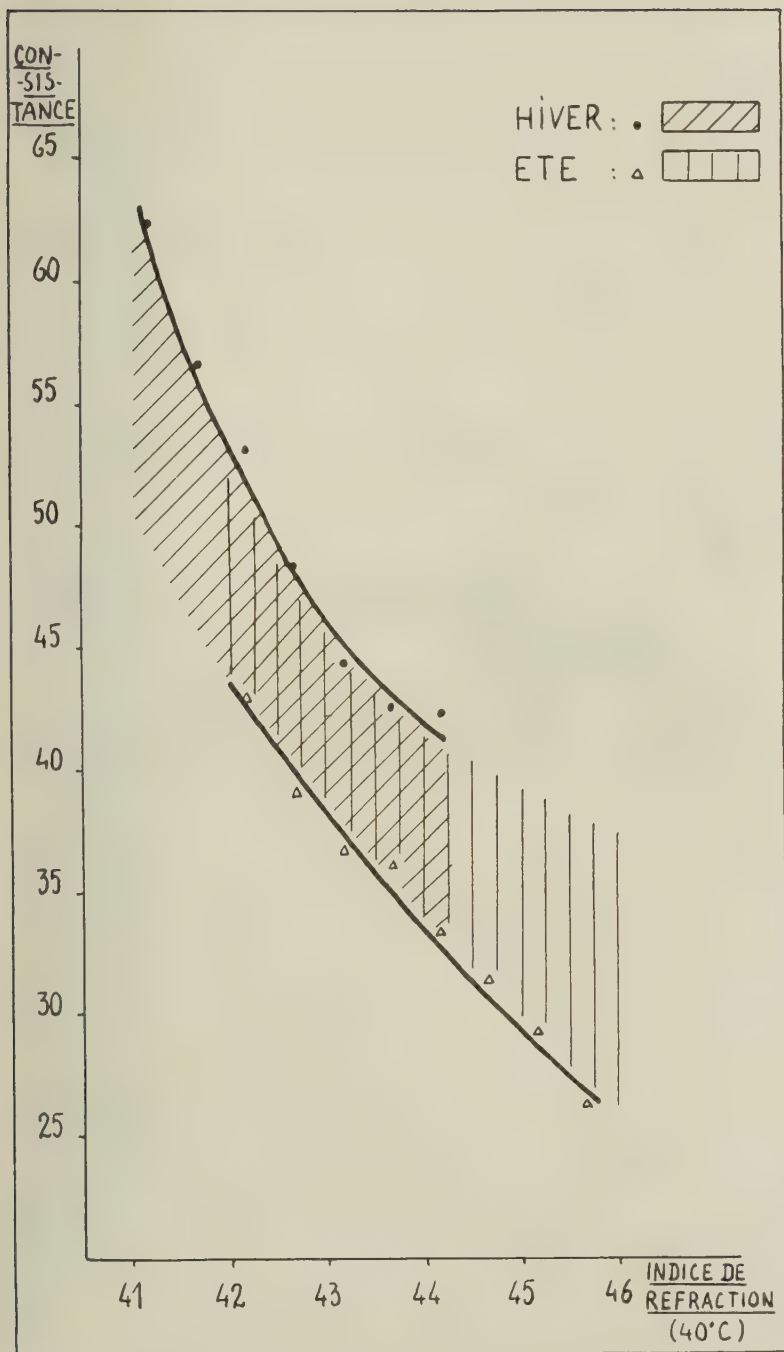
L'établissement de normes de consistance pour nos beurres d'été et d'hiver constituait le premier objectif à atteindre.

Pratiquement, la question initialement posée à laquelle nous devons répondre était celle-ci : Quelle doit être la consistance normale d'un beurre de région et de saison données, dont la matière grasse atteint un indice de réfraction déterminé ?

Actuellement nous pensons pouvoir simplifier le problème en écartant l'influence régionale.

Dans le bas des précédents tableaux III et IV, nous avons mentionné les moyennes de consistance pour l'ensemble du pays et ce, séparément, pour les beurres d'été et pour ceux d'hiver.

On ne peut, en effet, faire abstraction de l'influence saisonnière et calculer des moyennes pour l'année entière. L'alimentation et la période de lactation jouent un rôle prépondérant sur la composition de la matière grasse des beurres. De plus, les techniques de fabrication du beurre appliquées pendant l'été et pendant l'hiver varient sensiblement



GRAPHIQUE VII

dans la plupart des laiteries. De faibles écarts de température en cours de maturation et de refroidissement ont une grande influence sur la pâte d'un beurre. Les valeurs moyennes de consistance été-hiver pour l'ensemble du pays sont représentées dans le graphique VII.

La partie hachurée comprise entre les 2 courbes situe la zone des valeurs que nous estimons caractéristiques d'une bonne consistance.

En effet, PENDANT L'ÉTÉ :

Aux valeurs moyennes correspondent les minima de consistance que doivent au moins atteindre les beurres pour être considérés comme de consistance satisfaisante.

Les valeurs inférieures à la moyenne se rapportent à des beurres de consistance nettement déficiente.

Les valeurs supérieures à la moyenne correspondent à des beurres de très bonne consistance.

PENDANT L'HIVER :

Aux valeurs moyennes correspondent les maxima de consistance que ne devraient pas dépasser les beurres pour être considérés comme de consistance satisfaisante.

Les valeurs supérieures à la moyenne se rapportent à des beurres de consistance nettement déficiente (beurres trop durs).

Remarquons cependant que les valeurs de consistance d'hiver obtenues avec l'appareil van Doorn doivent parfois être interprétées sous réserves. Certains beurres de texture anormale (cassants, sableux, ...) ne sont pas décelés par cette mesure.

Notons également que de nombreux beurres dits d'hiver contiennent parfois une part appréciable de beurre d'été conservé en frigo.

Considérant la zone des bonnes consistances délimitée dans le graphique VII (partie hachurée), nous pouvons aisément en déduire les normes valables pour les beurres belges.

Pour les beurres normaux d'été, la consistance ne devrait pas être inférieure à 26 et pourrait atteindre dans les circonstances les plus favorables une valeur approchant 53.

Pour les beurres normaux d'hiver, la consistance ne devrait jamais être supérieure à 60-65 et pourrait s'abaisser dans les cas les plus favorables jusqu'aux environs de 33.

Ces valeurs limites optima de consistance sont théoriques. Pratiquement il convient d'assouplir quelque peu ces normes trop rigides. On est ainsi amené à élargir dans l'un ou l'autre sens ces limites idéales, établies, soulignons-le, uniquement à partir de valeurs moyennes calculées.

On peut aisément admettre que les beurres d'été puissent être plus mous que les courbes ne le révèlent, ceux d'hiver quelque peu plus consistants.

Aussi fixerons-nous comme suit les valeurs extrêmes admissibles en pratique comme limites de bonne consistance :

Beurres d'été	25 à 50	(au lieu de 26 - 53)
Beurres d'hiver	35-40 à 65-75	(au lieu de 33 - 60-65)

Si nous rapprochons ces valeurs limites, résultant de notre travail, de celles admises en Hollande (11), nous constatons une concordance plus que satisfaisante. Les normes hollandaises (établies à 14° et ramenées à 13° selon les tables de correction) sont, en effet, ainsi fixées :

Beurres d'été	25 à 57	(20 à 50 à 14 °C)
Beurres d'hiver	46 à 78	(40 à 70 à 14 °C)

Il faut également tenir compte, dans la confrontation des données propres aux deux pays voisins, qu'il existe une différence sensible dans la composition chimique de la matière grasse des beurres (plus particulièrement pour les beurres de la moitié sud de la Belgique).

Une étude sur la consistance des beurres suisses exprime également la constatation suivante, analogue à celle ressortant clairement des données du graphique VII : les valeurs de consistance des beurres d'été les plus durs correspondent plus ou moins à celles des beurres d'hiver les plus mous (12).

APPLICATION PRATIQUE DES NORMES DE CONSISTANCE

Pour nous rendre compte de la valeur pratique des normes de consistance définies ci-avant, nous avons représenté schématiquement pour tous les beurres suivis depuis 1952 l'importance et le sens des écarts par rapport aux valeurs moyennes.

Le mode de schématisation adopté a été le suivant :

BEURRES D'ETE

N. B. — On a tenu compte des valeurs moyennes établies pour chacune des régions.

Moyenne + (40 % et plus) (régionale)	{ + + + + }	
Moyenne + (de 30 à 40 %)	{ + + + + }	très bonne consistance.
Moyenne + (de 20 à 30 %)	{ + + + }	
Moyenne + (de 10 à 20 %)	{ + + }	
Moyenne + (± 10 %)	{ 0 }	consistance satisfaisante.
Moyenne — (de 10 à 20 %)	{ — — }	
Moyenne — (de 20 à 30 %)	{ — — }	
Moyenne — (de 30 à 40 %)	{ — — }	consistance déficiente.
Moyenne — (40 % et plus)	{ — — — — }	

BEURRES D'HIVER

N. B. — On a seulement tenu compte des valeurs moyennes établies pour l'ensemble du pays (précision suffisante car les valeurs d'hiver sont généralement très élevées).

Moyenne — (40 % et plus) (du pays)	{ — }	consistance anormale (beurre de frigo ?)
Moyenne — (de 30 à 40 %)	{ — }	
Moyenne — (de 20 à 30 %)	{ — }	bonne consistance.
Moyenne — (de 10 à 20 %)	{ — }	
Moyenne + (± 10 %)	{ 0 }	
Moyenne + (de 10 à 20 %)	{ + }	
Moyenne + (de 20 à 30 %)	{ + }	
Moyenne + (de 30 à 40 %)	{ + }	
Moyenne + (de 40 à 50 %)	{ + }	consistance déficiente (beurre trop dur).
Moyenne + (50 % et plus)	{ + }	

Exemples :

Beurres d'été bonne consistance, régularité exceptionnelle.

13. + + 0 + + + + 0 + (10 échantillons)

Beurres d'été consistance déficiente, régularité exceptionnelle.

15. 0 — — — — 0 — — (9 échantillons)

Beurres d'été consistance variable, irrégulière.

23. — 0 — + — — + 0 — — — (12 échantillons)

Beurres d'été consistance satisfaisante, régulière.

8. — 0 0 0 0 0 0 + 0 0 + 0 (12 échantillons)

Beurres d'hiver bonne consistance régulière.

1. — — — — — — — — — — (14 échantillons)

Beurres d'hiver consistance déficiente régulièrement.

8. $\begin{array}{cccccccccccc} O & O & + & + & - & + & + & + & + & O & + & + & O & + & O & + \\ & & + & + & & & + & & + & + & + & + & + & + & & \\ & & & & & & & & & & & & & & & \end{array}$ (16 échantillons)

Beurres d'hiver consistance variable irrégulière.

12. $\begin{array}{cccccccccccc} O & + & O & - & - & - & + & + & - & - & O \\ & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & \end{array}$ (11 échantillons)

Beurres d'hiver consistance satisfaisante régulière.

13. $O - O O O O O O O - O O$ (12 échantillons)

Ces quelques représentations suffisent déjà pour se faire une idée de l'intérêt qu'il y a d'examiner tous les beurres en fonction des normes définies.

DEMONSTRATION DE L'INFLUENCE DE LA TECHNIQUE DE FABRICATION

Nous donnons ci-après, à titre d'exemples, les représentations schématiques des consistances de tous les beurres examinés dans deux régions typiques du pays.

Beurreries :

REGION I.

N ^{os}	BEURRES D'ETE	BEURRES D'HIVER
1.	$O + - - - + O - O +$	$-$
2.	$\begin{array}{cccccccccccc} + & - & + & O & O & O & + & + & + & O & O & - & O & + \\ + & - & & & & & & & & & & & & \\ + & & & & & & & & & & & & & \end{array}$	$\begin{array}{cccccccccccc} O & O & O & + & + & + & + & O & O & O & + & - & O \\ & & & + & + & + & & & & & & & \\ & & & + & & & & & & & & & \end{array}$
3.	$\begin{array}{cccccccc} - & O & - & - & + & + & O & - & O \\ - & & & & + & + & & & \end{array}$	$\begin{array}{cccccccc} O & + & - & O & - & - & O & O & O & O \\ + & - & & & & & & & & \end{array}$
4.	$\begin{array}{cccccccc} + & O & - & O & + & + & + & + & O \\ + & - & & & + & + & & & \\ + & & & & + & & & & \\ + & & & & + & & & & \end{array}$	$O - O O O - O O + - O O O$
5.	$\begin{array}{cccccccccccc} + & + & O & O & + & + & + & + & - & - & + & O & O & O \\ + & + & & & + & + & + & & + & & & & & \\ + & & & & & & & & + & & & & & \\ - & & & & & & + & & & & & & & \end{array}$	$\begin{array}{cccccccc} O & - & - & - & - & O & - & - & O & - & O & - & - \\ & & & & & & & & & & & & \end{array}$
6.	$O O - O O + + O O - -$	$\begin{array}{cccccccc} - & O & O & O & O & - & O & - & - & O & O & O & + & - \\ & & & & & & & & & & & & & \end{array}$
7.	$\begin{array}{cccccccc} O & O & - & O & + & - & - & - & + & - & O \\ - & & & & & & & & & & \end{array}$	$\begin{array}{cccccccc} O & - & - & O & - & - & - & O & - & - & - \\ - & - & - & - & - & - & & & & & \end{array}$

- | | |
|---|---|
| 8. - O O O O O O + O O + O -
+
+ | O O + + - + + + + O + + O + O +
+ + + + + + + +
+ |
| 9. O O O + O + O - O
+ | - - O O O O - - - O |
| 10. O O O O - O + + + O O +
- + + + +
- + | O O - O O O O - + + + + O
- + + |
| 11. - + - O - + O + + O - O O
- - + +
+ + | - O - O - O O - - - O
- - |
| 12. O O + - + + O O O +
+ +
+ +
+ + | O + O - - - + + - - O
- - + -
- - - |
| 13. + + O + + + + + O +
+ + + + + +
+ + + +
+ + + | O - O O O O O O O - O O |
| 14. O O - - O O - O + O O - | + - - - - O - O - - - -
+ - - - - - - - - -
+
+ |
| 15. O - - - - - O - - -
- - - - -
- - - - - | - - - - - - O - - - - -
- - - - - - - |
| 16. + O + + O O O - + - + - -
+ + -
+
+ | O O - - - O - - - - - O O - -
- - - -
- - - |
| 17. O + O O O - O + - - - O -
+ | + + O O - - - O - - - O O O O
+ -
+
+ |
| 18. + O O + + O + O O O + + +
+ + +
+ + +
+ +
+ | + O O + + O + + + + O + O
+ + + +
+ + + +
+ |
| 19. - - O + O - - - -
+ -
+ -
- | + + O O - - - O - - - O O - -
+ + - - - - -
+ + -
+ +
- |
| 20. + + O O - + O + O O O O
+ + + +
+
- | + + + + + + O + + + + +
+ + + +
+ + |
| 21. - - - O + O O - - - O - O - O
- - - - - -
- | - - - - O - O - - - - O - O
- - - - - |

22.	++O+OO+- + + +	OOO+++-O++-OO + + +
23.	-O-+---+O--- - - +	++--O-O-O-O-O -
24.	-+-----O - -	OO-----O----- - -
25.	++OO+O+OOO- + +	+O+-+---OOO-----O- + +
26.	-----+O-O---+O++O-O- - -	+++O+OOO+-OO + +
27.	++O+-O++O+O ++ +	OO-O+-OO-O---O -+--
28.	++O---O-O+-----O- ++ +	+--+---OO-OOOO+OO- ++ -
29.	OO-+---O--O--- -	OO-O-+-----O -
30.	+O+O-----OO + +	OO-----OO-----O - - -

Consistance satisfaisante, toute l'année

(beurres assez durs l'été, assez mous l'hiver)

Beurreries 4 5 6 9 12 13 14 16 17 25 27 (bon beurre typique : 13)

Consistance déficiente

beurres trop mous l'été

Beurreries 1 7 15 19 21 23 24 26 28 29

beurres trop durs l'hiver

Beurreries 2 8 10 18 20 22 26

13.	- + - - - - O O - - - O O O -	+ + O - O - - - O - - - - O
14.	O + - - - - - - - - + - O O - - -	- - - O - - - - - O - - - O -
15.	- - - - + - - - - O O - - -	+ - - + O O - - - O + O O O
16.	+ O - O O + - - - + O O O -	- + + + - + O - + + O O O
17.	+ + O O - - O O - O + - - -	+ + O + O O + - - O O + + O O O

Consistance satisfaisante, toute l'année
 (beurres assez durs l'été, assez mous l'hiver)
 Beurreries 2 3

Consistance déficiente -
 beurres trop mous l'été
 Beurreries 1 9 10 13 14 15

beurres trop durs l'hiver
 Beurreries 7 8 12 17

beurres très durs été et hiver
 Beurreries 6 7 8 11

beurres très mous été et hiver
 Beurreries 10 13 14

Beaucoup de laiteries produisent du beurre de consistance très irrégulière d'un mois à l'autre (exemples : région I - 3 11 23 ; région VI - 4 5 16). Le manque d'homogénéité dans les consistances ressort nettement du simple examen des représentations schématiques précédentes. Les exemples pris dans la région I sont convaincants : une trentaine de laiteries dispersées sur un territoire de très faible étendue produisent des beurres de consistance très variée à partir d'une matière première uniforme. La grande influence du facteur fabrication apparaît donc nettement.

Nous basant sur les données statistiques établies dans ce travail, nous sommes à même, à présent, d'effectuer un tri des laiteries selon la valeur de la consistance de leurs beurres. Par l'adaptation des techniques de

maturation et de refroidissement il est possible d'améliorer la pâte de beaucoup de nos beurres, plus particulièrement en hiver.

Nous avons entrepris l'étude détaillée des processus de fabrication suivis dans la plupart des laiteries importantes. Les conclusions tirées de cet examen feront l'objet d'une prochaine publication.

La détermination de la consistance avec l'appareil Van Doorn est un moyen simple et rapide de contrôle d'une des qualités importantes de nos beurres.

Malgré ses imperfections, ce test offre une réelle valeur pratique pour déceler, à coup sûr, les erreurs flagrantes de fabrication.

Il pourrait aisément être appliqué, comme moyen subsidiaire, pour confirmer et préciser l'avis des experts, lors des expertises organoleptiques officielles des beurres.

L'établissement de normes de consistance, propres à notre pays, rend à présent, possible l'interprétation judicieuse des résultats de mesure.

RESUME

Les déterminations de la consistance, au moyen de l'appareil Van Doorn et de l'indice de réfraction ont été effectuées, de 1952 à 1956, sur près de 7.000 échantillons de beurres belges.

Les variations mensuelles des indices de réfraction sont rapportées par région et pour l'ensemble du pays.

Les variations des valeurs moyennes de consistance sont décrites en fonction des indices de réfraction, des régions et des saisons.

La consistance d'un beurre dépend de la composition chimique de la matière grasse et des conditions de fabrication (technique et saison). Le facteur régional ne paraît pas avoir d'effet si ce n'est de par son influence sur la composition chimique de la matière grasse des beurres.

Les valeurs-limites de bonne consistance sont définies et déduites de l'examen approfondi des résultats enregistrés. Beurres d'été : 25 à 50. Beurres d'hiver : 35-40 à 65-75.

La valeur d'utilisation pratique des normes proposées est mise en évidence.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) JAMOTTE, P. (1952) : La répartition de l'eau dans les beurres. — *La Belgique laitière* **6** (25), 7-11.
- (2) Mc DOWALL, F. H. (1953). — *The buttermaker's manual* **I**, 679-682.
- (3) KOENEN, K. (1954) : Das Alfa-Butterungsverfahren und Verbesserungen der Struktur und Konsistenz der Alfa-Butter. — *Kieler Milchw. Forsch. Ber.* **VI**, 177-196.
- (4) HUYGE, C. (1940-41) : L'influence du climat d'altitude sur les indices d'acides gras volatils et sur les indices de réfraction des beurres belges. — **XII**, Milchwirtschaftlicher Weltkongress. - Vorläufige Drucklegung.
- (5) KRUISHEER, C. I. et DEN HERDER, P. C. (1938) : Onderzoekingen betreffende de consistentie van boter. — *Chemisch Weekblad* **35**, 725.
- (6) HUYGE, C. (1932) : Contribution à l'étude des beurres belges. — *Bull. Inst. agr. et des Stat. Rech. Gembloux*, **I** (4) 225-249.
- (7) KEYMEULEN, G. (1935) : Valeur de l'indice de Xylol de quelques beurres belges. — *Bull. Inst. agr. et des Stat. Rech. Gembloux*, **IV** (2) 161-177.
- (8) NAUDTS, M. et DE VLEESCHAUWER, A. (1956) : Bepaling van enkele kenmerkgetalen van Belgische melkerijboter. — *Meded. Landbouwk. Opzoekingsstations, Gent* **XXI** (2) 227-237.
- (9) ADRIANI, W. et TAMSMA, A. F. : Verschillen in stevigheid bij zomerboters door verschillende fabrieken bereid. — *Publicatie van de vakgroep boterindustrie*. 1946. J. B. Wolters - Groningen.
- (10) DIBBERN, H. et KOENEN, K. (1956) : Der Einfluss der Fütterung auf die Konsistenz der Butter. — *Die Molkerei Zeitung* 1956, 129 et 305.
- (11) — *Zuiveljaarboek* 1953, 14-XI - Zutphen.
- (12) RITTER, W. (1956) : Einflüsse der Fabrikation auf die Festigkeit der Butter. — *XIV^{me} Congrès Intern. Laiterie. Rome* **II** (I) 372.

SAMENVATTING

BREKINGSINDEX EN STEVIGHEIDSKENMERKEN VAN BELGISCHE BOTERS
door JAMOTTE, P. en PIRAUX, E.

De bepalingen van stevigheid, door middel van het Van Doorn's apparaat, en van brekingsindex worden van 1952 tot 1956 op bijna 7.000 Belgische botermonsters uitgevoerd.

De maandelijks schommelingen van brekingsindex zijn per landstreek en voor het hele land opgegeven.

De schommelingen van de gemiddelde stevigheidscijfers zijn ten opzichte van brekingsindex, landstreken en jaargetijden beschreven.

De boterstevigheid is afhankelijk van de chemische samenstelling van het botervet en van de bereidingsmethode (bereidingstechniek en jaargetijde).

De landstreekelijke factor blijkt van geen invloed te zijn behalve door zijn invloed op chemische samenstelling van het botervet.

De uiterste waarden voor geschikte stevigheid zijn bepaald en door de grondige onderzoeken van verzamelde uitslagen afgeleid. Zomerboters : 25 tot 50 ; Winterboters : 35-40 tot 65-75.

De practische toepassingswaarde van de voorgestelde « normes » is aangetoond.

SUMMARY

REFRACTIVE INDEX
AND FIRMNESS CHARACTERISTICS OF THE BELGIAN BUTTERS

by JAMOTTE, P. and PIRAUX, E.

The firmness determinations with Van Doorn's apparatus and the refractive index determinations were carried out during the years 1952-1956 on nearly 7.000 Belgian butter samples.

The monthly fluctuations of refractive index are related with regard to the districts and for the whole country.

The fluctuations of mean firmness values are described in connection with refractive index, districts, seasons.

The firmness of butter is dependent of the chemical composition of the fat and manufacturing process (method of manufacture and season).

The regional factor seems to have no influence unless the influence on the chemical composition of butterfat.

The extreme values of suitable firmness are determined and stated by the examination of the results. Summerbutter : 25 till 50 ; Winterbutter : 35-40 till 65-75.

The value of practical utilization of the « norms » related is made obvious.

ZUSAMMENFASSUNG

REFRAKTION UND FESTIGKEITSWERTE BELGISCHER BUTTER

von JAMOTTE, P. und PIRAUX, E.

Die Festigkeitsbestimmungen mit dem Van Doorn's Apparat und die Refraktionsbestimmungen sind von 1952 ab bis 1956 auf beinahe 7.000 belgische Butterproben durchgeführt worden.

Die monatliche Schwankungen der Refraktion werden nach Gegend und für das ganze Land bestimmt.

Die Schwankungen der Festigkeitsmittelwerte werden mit Rücksicht auf die Refraktion, die Gegenden und die Jahreszeiten berichtet.

Die Festigkeit der Butter ist von der Zusammensetzung des Butterfettes und von den Fabrikationseinflüssen (Herstellungsverfahren und Jahreszeit) abhängig.

Der Faktor « Gegend » hat den Anschein dass er nur ein Einfluss ausübt indem er die Zusammensetzung des Buttersfettes verändert.

Die Grenzwerte einer guten Festigkeit werden nach einer gründlichen Untersuchung der gefundenen Ergebnisse bestimmt. Sommerbutter : 25 bis 50 ; Winterbutter : 35-40 bis 65-75.

Die praktische Bedeutung der vorgeschlagene « Norme » wird hervorgehoben.

CHAIRE DE PHYSIQUE GENERALE

(Professeur C. CORIN)

Etude expérimentale de l'influence de quelques facteurs sur le temps mort des tubes Geiger-Muller par la méthode des coïncidences retardées (*)

par

R. KIRCHMANN, Assistant

1. — INTRODUCTION

Quel que soit le but poursuivi, l'emploi des radio-éléments exige la mesure d'une grandeur physique appelée « activité ».

Qu'entend-on par activité ? L'activité est le nombre de désintégrations par unité de temps ; l'unité fondamentale d'activité est le Curie, qui représente l'activité d'un corps radioactif dont $3,7 \cdot 10^{10}$ atomes se désintègrent par seconde. Pourquoi ces atomes se désintègrent-ils ? Parce que leur noyau est dans un état instable, soit naturellement (cas du Radium et Uranium par exemple), soit artificiellement à la suite du bombardement de ce noyau par des particules chargées ou des neutrons (P_{32} , Ca_{45} , ...). Il en résulte un excès d'énergie qui sera libéré sous forme de rayonnement.

Les radiations émises sont, soit corpusculaires (cas des émetteurs alpha et bêta), soit de nature électromagnétique (gamma et x dans le cas du rayonnement K).

Pour détecter la présence de corps radioactifs, nous profiterons donc de l'existence de ces émissions soit corpusculaires soit photoniques résultant de la désintégration du noyau.

(*) Déposé à la rédaction le 31 juillet 1957.

La détection individuelle des particules ou des photons peut se faire à l'aide de divers instruments : chambre d'ionisation, compteur proportionnel, compteur Geiger-Müller, compteur à scintillation.

Il n'entre pas dans nos intentions de passer ici en revue les domaines de l'application de chacun de ces détecteurs : nous nous limiterons au tube Geiger-Müller, qui est principalement utilisé pour la mesure des bêtas d'énergie supérieure à 0,1 Mev (*); cependant, il est également sensible aux gammas, mais avec un rendement très faible. Les radioéléments artificiels, formés par bombardement neutronique (dans les réacteurs notamment) sont en général des émetteurs bêta.

Le tube Geiger-Müller, de forme variée, est constitué en principe de 2 électrodes : l'anode qui est le plus souvent réduite à un fil conducteur mince est disposée axialement par rapport à la cathode, généralement cylindrique. Ces deux électrodes sont séparées par un milieu gazeux, dont la composition et la pression varient avec la nature du rayonnement à mesurer. Deux formes de tube compteur communément rencontrées sont : le tube cylindrique et le tube cloche. Ce dernier possède une extrémité recouverte d'une fenêtre très mince : il est surtout indiqué pour la mesure des rayonnements peu énergiques.

Comment fonctionne un tube G.M. ?

L'établissement d'une différence de potentiel, pouvant atteindre 1.500 V et plus, entre les électrodes du tube a pour résultat la création d'un champ électrique intense entre celles-ci.

L'arrivée d'une particule chargée, bêta par exemple, à l'intérieur du tube va engendrer une série de phénomènes.

- a) la particule incidente, possédant une certaine énergie cinétique, va provoquer ce que l'on appelle une ionisation primaire du gaz de remplissage. Le résultat sera la formation d'un nombre donné de paires d'ions (ions positifs et électrons) ;
 - b) les électrons provenant de l'ionisation primaire vont être accélérés par le champ électrique régnant entre les électrodes : ce champ a surtout une valeur très élevée, par suite de la forme des électrodes, au voisinage de l'anode. Ces électrons primaires acquièrent ainsi une énergie suffisante pour produire, à leur tour, l'ionisation des atomes de gaz se trouvant sur leur trajectoire. L'entrée d'une seule particule produit donc finalement une véritable « avalanche » d'électrons, ce qui a pour conséquence la naissance d'une impulsion négative sur l'anode. C'est ce signal qui est envoyé à l'échelle de comptage.
- Les ions positifs, c'est-à-dire des atomes de gaz ayant perdu 1 ou plusieurs électrons périphériques se déplaceront en sens inverse des électrons et migreront vers la cathode. Si la collection des électrons est presque instantanée, il n'en va pas de même pour la gaine d'ions

(*) Mev = mégaelectronvolt. C'est l'énergie acquise par un électron qui traverse une différence de potentiel de 1 million de volts.

positifs qui migre plus lentement. Pendant cette migration, la valeur du champ électrique inter-électrode est perturbée par la présence de cette « charge d'espace » ;

- c) Après neutralisation de ces ions positifs à la cathode, le tube se recharge (selon une constante de temps RC) jusqu'à ce que son état électrique initial soit de nouveau atteint.

Ces deux derniers phénomènes ont comme conséquence pratique que le tube G.M. reste insensible aux radiations pendant un certain temps appelé « temps mort ».

D'autre part, le nombre réel de particules ayant traversé le volume sensible d'un tube compteur est uni au nombre d'impulsions enregistrées (N) par la relation $N = Re^{RT}$ dans laquelle T est le temps mort, ou encore, d'une façon approchée :

$$R = \frac{N}{1 - NT}$$

Le temps mort entraîne donc une perte de comptage d'autant plus importante que le nombre de particules, par unité de temps, traversant le tube G.M. est plus élevé ; ainsi, si l'on enregistre $N = 10$ coups/sec et si le T.M. = 250 microsecondes, la relation ci-dessus donne $R = 10,025$ coups/sec, soit une perte relative d'environ 0,25 %. Mais pour $N = 1.000$ coups/sec, le T.M. restant de 250 microsecondes, $R = 1.333$ coups/sec, soit une perte relative de 25 % environ.

Or, il arrive souvent que l'on doive mesurer des échantillons ayant une activité assez élevée, ce qui est le cas, par exemple, lors du contrôle de réception d'une commande de 32 P : la connaissance de la valeur du T.M., pour une installation donnée, est donc nécessaire et importante.

Le temps mort d'un tube compteur dépend d'une série de facteurs, tels que : mobilité ionique du gaz de remplissage, rayon de la cathode, rapport du diamètre de la cathode au diamètre du fil anodique ; mais en outre, les conditions d'utilisation d'un tube peuvent avoir une répercussion sur le T.M., c'est notamment le cas pour la sensibilité d'entrée du circuit électronique détecteur associé au tube.

2. — CONDUITE DES ESSAIS

Dans l'étude qui suit, nous avons voulu nous rendre compte expérimentalement du rôle éventuel des facteurs : intensité d'irradiation et surtension appliquée aux bornes du tube G.M., sur la valeur du T.M. d'une installation de mesures, constituée par un tube Tracerlab (type cloche) et une échelle de comptage Scalorel ACEC.

Afin de déterminer si l'âge du tube G.M. avait une influence ou non, il fut décidé de choisir deux tubes très différents à ce point de vue : l'un (1 BH 7) a fonctionné régulièrement pendant trois ans, l'autre (1 CK 34) a été mis en service quelques semaines avant les essais.

Pour effectuer les expériences requises pour l'étude envisagée, nous avons le choix entre plusieurs méthodes de détermination du T.M. (1). Parmi ces méthodes, il en est une qui a spécialement retenu notre attention, c'est la méthode des coïncidences retardées (2). L'avantage de cette méthode est non seulement la simplicité et la rapidité de la détermination du T.M., par rapport aux autres méthodes, mais surtout la précision de la mesure.

Cette précision dépend principalement des largeurs de l'impulsion directe et de l'impulsion retardée, ces largeurs sont déterminées par l'utilisateur : généralement, la valeur fixée est de 10 microsecondes.

Un circuit électronique basé sur ce principe a été construit dans les laboratoires de recherches des ACEC. Le schéma de principe est le suivant :

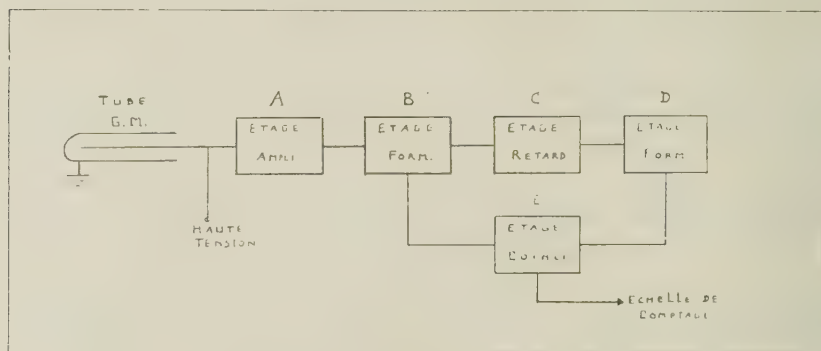


Figure 1

Le tube G.M. délivre des impulsions d'amplitude variant de quelques dixièmes de volt à quelques dizaines suivant la nature du tube et la surtension appliquée.

L'étage amplificateur A a pour fonction d'augmenter la sensibilité du dispositif et, par conséquent, la précision de la mesure. Après amplification, chaque impulsion du compteur est envoyée simultanément dans deux voies aboutissant au circuit de coïncidence E. Les étages formateurs B et D transforment les impulsions, directes et retardées, en signaux rectangulaires. L'étage de retard C permet d'imposer à l'impulsion arrivant de B un retard dont la durée est réglable par le jeu de la constante de temps RC du circuit C.

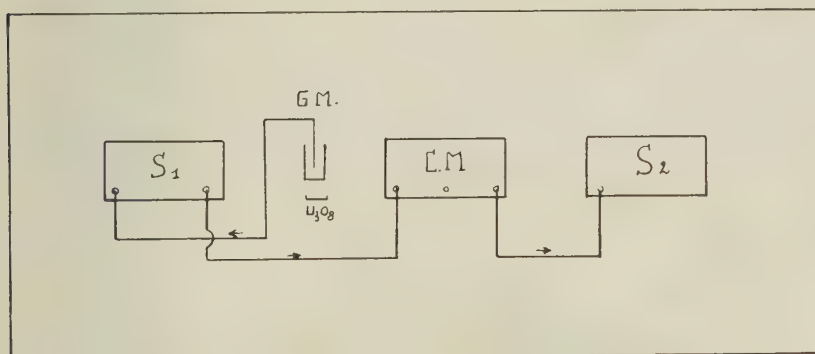
Dès que le retard atteint une certaine valeur, égale ou supérieure au T.M., le circuit de coïncidence (E), constitué par deux Diodes au ger-

(1) G. GUEBEN, *Bull. Soc. Roy. Sci. Liège* 2 (1949), p. 60.

(2) E. PICARD et A. ROGOZINSKI, Mesure du temps mort d'un compteur G.M. et de l'émission secondaire de la cathode par la méthode des coïncidences retardées. Rapport C. E. A. n^o 182 (1953). Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay.

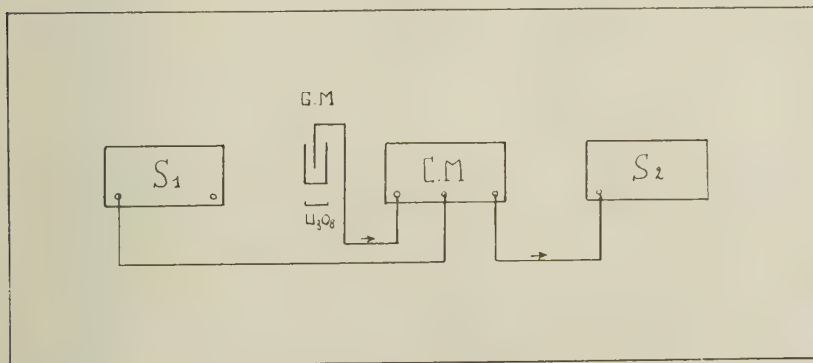
manium et un discriminateur, délivre une impulsion de coïncidence qui est envoyée vers une échelle de comptage.

Les connexions à établir entre les différents appareils se font suivant les schémas I ou II ci-après, selon que le T.M. cherché est celui d'une installation de mesure complète (c'est-à-dire tube compteur plus échelle associée) ou celui du tube seul.



SCHEMA I

- S_1 : Scalorel associé au tube G.M. (haute tension) sortie des impulsions après l'étage amplificateur
 C.M. : circuit de mesure du T.M. (retard variable imposable)
 S_2 : Scalorel enregistreur des impulsions de coïncidences. La source radioactive est une pastille plastique d' U_3O_8 .



SCHEMA II

- S_1 : dans ce cas, sert comme alimentation de haute tension
 C.M. : circuit de mesure du T.M. auquel est connecté directement le tube G.M.
 S_2 : Scalorel enregistreur des impulsions de coïncidence.

Exemple de détermination de la valeur du T. M.

Les conditions étant bien définies et invariables durant la détermination (intensité d'irradiation et surtension notamment), on effectue une série de mesures avec variation du retard en notant le nombre de coups de coïncidences pour chacune des valeurs du retard.

Les résultats de ces mesures sont portés sur un graphique où sont inscrites, en abscisses, les valeurs du retard et en ordonnées le nombre de coïncidences par minute qu'a enregistré le Scalorel S_2 . Etant donné l'origine statistique du phénomène de désintégration (qui obéit à la loi de Poisson), la courbe a la forme du graphique ci-dessous, en traits pleins. Les pics que l'on observe souvent résultent des coups parasites provenant de l'émission secondaire de la cathode, cependant il importe

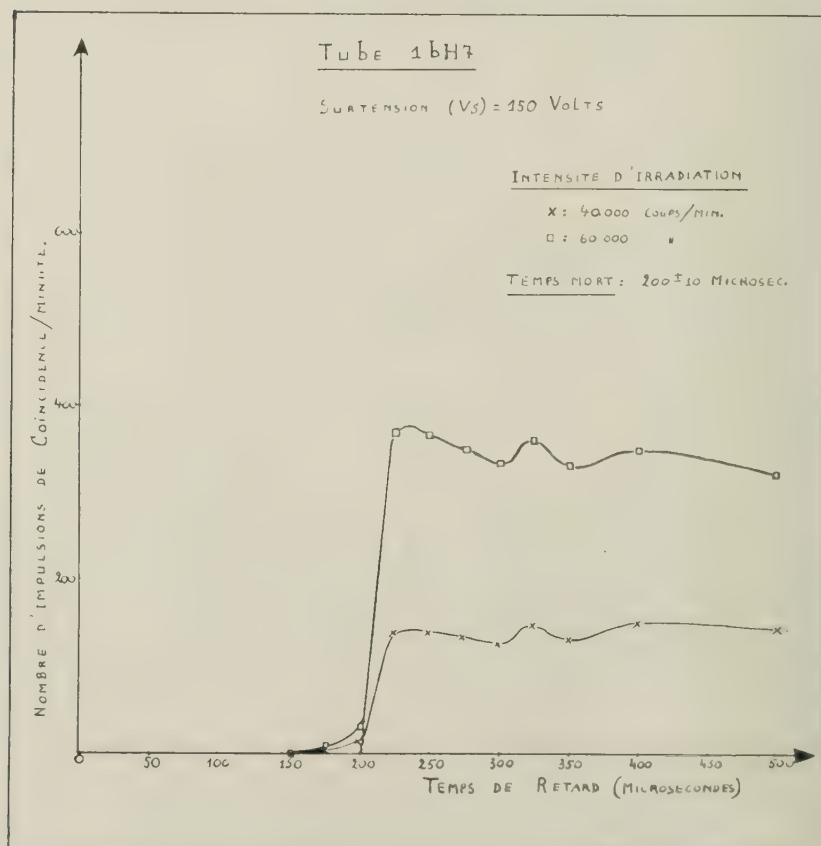


Figure 4 : Exemples de courbe obtenue

de remarquer que la présence de ces pics n'influence pas la valeur du T.M. Cette valeur du T.M. est obtenue par prolongation de la portion rectiligne jusque l'axe des abscisses.

A. — Etude du facteur « intensité d'irradiation » sur la valeur du T. M.

On choisit 10 valeurs d'intensité d'irradiation, s'étendant de $5 \cdot 10^3$ à 10^5 coups/minute. La série d'expériences a exigé 1.344 mesures d'une minute ainsi que le tracé de 112 courbes, d'ailleurs semblables à celles ci-dessus ; chacune de ces courbes a servi à déterminer graphiquement le T.M. dans les conditions particulières de chacune des expériences. Les 112 valeurs de T.M. trouvées ont servi à tracer :

- 8 diagrammes de 10 points résultant chacun d'une série de 12 mesures d'une minute (tube 1 BH 7) ;
- 4 diagrammes de 8 points résultant chacun d'une série de 12 mesures d'une minute (tube 1 CK 34) ;
- 1 diagramme obtenu avec chacun des tubes est reproduit ci-dessous.

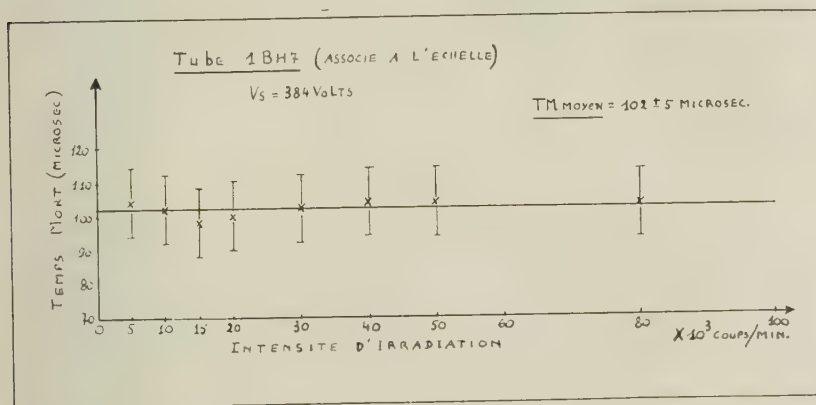


Figure 5

Tube 1BH7 : x T.M. du tube associé à l'échelle (connexion selon schéma I)
Surtension = 384 volts.

On constate que les points se distribuent de part et d'autre d'une droite parallèle à l'axe des abscisses.

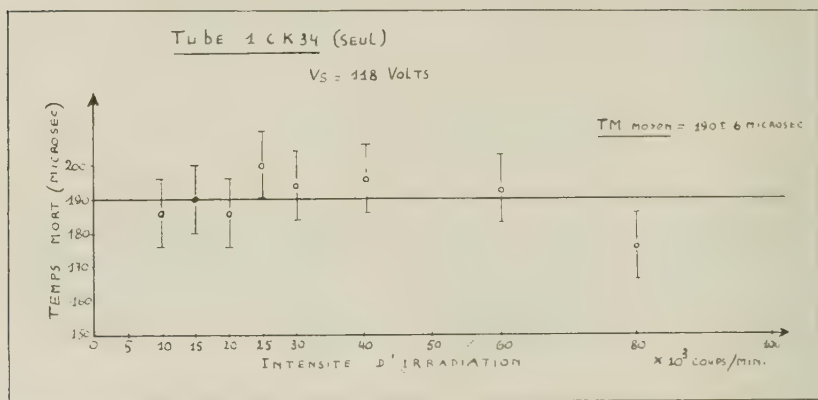


Figure 6

Tube 1 CK 34 : o TM du tube seul (connexion selon schéma II)
Surtension = 118 volts.

De nouveau, les points expérimentaux se répartissent selon une droite parallèle à l'axe des abscisses.

Pour le tube seul, on trouve T.M. moyen = 190 ± 6 microsec.

Les 8 autres diagrammes, non reproduits ici, fournissent des résultats analogues.

CONCLUSION

Ainsi que l'ont trouvé les chercheurs français de Saclay, il apparaît clairement que le T.M. *ne varie pas* si l'on fait varier l'intensité d'irradiation d'un tube compteur type cloche, qu'il soit ou non associé à un circuit électronique enregistreur. Le maximum d'intensité pénétrant dans le volume sensible du tube était de l'ordre de 10^5 particules par minute.

B. — Etude de l'influence de la surtension appliquée aux bornes du tube compteur sur la valeur du T. M.

Pour ces expériences, 416 mesures d'une minute ont été effectuées ainsi que 32 déterminations graphiques du T.M.

Les résultats obtenus sont représentés graphiquement ci-dessous.

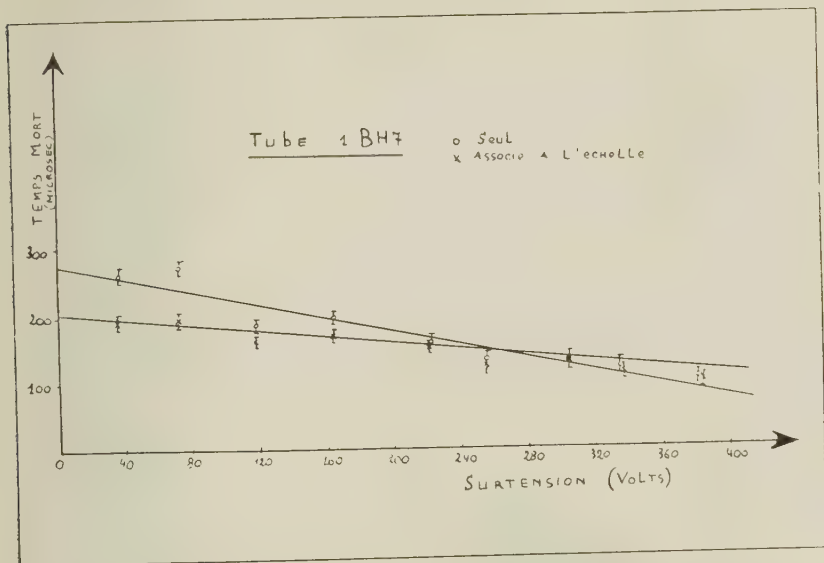


Figure 7

Tube 1 BH 7 : o seul, pente de la droite 18 %/100 V (connexion selon schéma II)
 x associé à l'échelle de comptage (connexion selon schéma I)
 - pente de la droite 11,7 %/100 V.

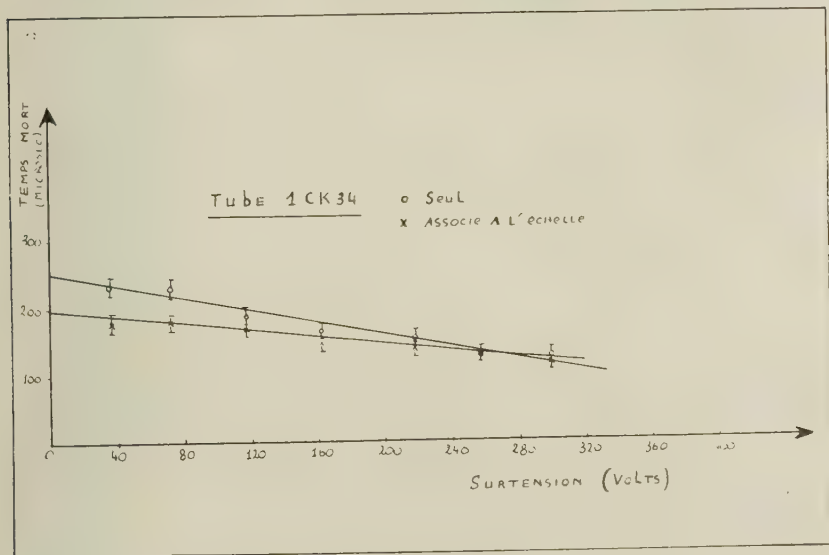


Figure 8

Tube 1 CK 34 : o seul, pente de la droite = 18 %/100 V
 x associé à l'échelle de comptage, pente de la droite = 13,3 %/100 V.

CONCLUSION

On constate cette fois que la *valeur du T.M. dépend de la surtension (V_s) appliquée aux bornes du tube*. Cette conclusion rencontre celle des chercheurs français qui avaient également trouvé que la valeur du T.M. diminuait lorsqu'on augmentait la surtension. Selon ces chercheurs, « cette diminution serait due surtout à ce qu'une proportion croissante des impulsions du compteur qui, pour une surtension faible, avaient une amplitude inférieure au seuil de sensibilité de l'amplificateur, le dépassent à mesure que cette surtension augmente ».

L'examen des graphiques permet en outre de constater que le T.M. du tube seul est généralement supérieur à celui obtenu lorsque ce tube est associé à un circuit électronique enregistreur : cependant dès que la surtension atteint une certaine valeur, les deux valeurs de T.M. tendent à se confondre.

Enfin, on constate une concordance remarquable entre les pentes des droites expérimentales respectives. Or, le tube 1 BH 7 arrive à la fin de sa vie et le tube 1 CK 34 est neuf, il semble donc que *la fonction T.M. = f(V_s) soit indépendante de l'état d'usure d'un tube*.

Nos remerciements les plus vifs vont à M. R. TRIVIERE, ingénieur aux ACEC, pour les conseils précieux prodigués lors de la mise au point du circuit de coïncidences retardées, ainsi qu'à M^{lles} M. PICARD et J. BONNET, du C.A.M.I.R.A. (IRSIA), dont la collaboration active a permis la réalisation de ces expériences.

Essais de fumure au moyen de divers types d'engrais sur betteraves sucrières (*)

par

R. LALOUX

Au cours de quatre années, de 1953 à 1956, nous avons effectué annuellement un essai de fumure en plein champ sur betteraves sucrières, dans le but de renseigner les industries intéressées et l'agriculture sur les particularités de l'action et les modalités d'application d'engrais de nature et formes différentes.

Tout d'abord, nous avons étudié l'action de différents engrais azotés: nitrate d'ammoniaque, cyanamide pulvérulente, cyanamide granulée (Perlamide), urée, nitrate de soude; ensuite, nous avons mis en comparaison un certain nombre d'engrais composés produits par l'industrie.

Au cours de ces expériences, nous avons pu faire des observations d'intérêt pratique immédiat, relatives à la fumure de la betterave sucrière et notamment aux doses d'engrais potassiques et azotés et au fractionnement de la fumure.

CONDITIONS GENERALES DES ESSAIS

Les essais ont été établis dans les terres de la Ferme de l'Institut agronomique de Gembloux où, afin de rencontrer des conditions culturales normales, ils ont été intégrés dans l'une des parcelles dévolues à la betterave suivant la rotation adoptée.

Au point de vue pédologique, les sols sur loess, caractéristiques de la région, représentent, d'après la description de HANOTIAUX (1), les 8/10 de la superficie de la ferme de l'Institut.

(*) Déposé à la rédaction le 28 novembre 1957.

Aux emplacements choisis pour l'établissement des essais, ces sols de limon présentent les caractéristiques pédologiques suivantes :

- a) un horizon humifère assez homogène d'une épaisseur d'environ 25 cm et ayant une teneur moyenne de plus ou moins,
- en argile : 13 %,
 en limon : 30 %,
 en sable : 57 % (essentiellement du sable fin) ;
- b) un horizon enrichi (horizon b) d'une épaisseur d'environ 1 m sur loess décalcifié.

Suivant les analyses faites par le Laboratoire de Pédologie de l'Institut agronomique de Gembloux, l'horizon humifère de ces sols présente en moyenne les caractéristiques chimiques suivantes :

Sorption : horizon humifère : 11 milliéquivalents pour 100 g de sol,
 horizon b : 15 » » »
 la saturation en bases étant de l'ordre de 80 à 90 %,

pH moyen (dans l'eau) : 7,1,
 Humus : 1,98 %,
 Azote : 0,115 %,
 P₂O₅ : 3 mg par 100 g de sol
 K₂O : 9 mg » » »

ces deux derniers éléments ayant été déterminés par la méthode à l'acétate ammonique (Terre/solution = 1/2).

La haute fertilité de ces terres se manifeste par des récoltes saines et à rendements élevés, elle résulte non seulement du complexe pédo-climatique favorable, mais aussi pour une grande part, de techniques culturales appropriées qui comprennent essentiellement une rotation quinquennale dédoublée et des fumures pouvant être schématisées comme suit :

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Fumure organique : 40 à 45 t. de fumier	(en kg par ha)		
Betteraves sucrières	150	160	210
Froment printemps	50	100	140
Luzerne		120	120
Luzerne		120	120
Froment d'hiver	20	120	160
Fumure organique : 40 à 45 t. de fumier			
Betteraves sucrières	150	160	210
Avoine	45	100	140
Froment d'hiver	60	120	160
Lin	20	100	120
Escourgeon	50	100	140

Les conditions climatiques peuvent être résumées brièvement comme suit :

- 1953 : Températures normales, précipitations faibles et insolation abondante sauf en juin et juillet.
1954 : Été avec insolation très faible et pluviosité élevée.
1955 : Été chaud et sec, septembre et octobre ensoleillés et secs avec quelques fortes pluies.
1956 : Année exceptionnellement humide.

DONNEES CONCERNANT L'EXECUTION DES ESSAIS

La fumure organique (40 t de fumier) et les labours ont été exécutés au cours de l'hiver. Les fumures minérales ont été appliquées environ 15 jours avant la plantation ; sauf indication contraire, elles ont été réalisées au moyen de nitrate d'ammoniaque à 20,5 % N, de phosphate précipité dosant 38-39 % et de chlorure de potasse à 40 %.

Les dates des plantations ont varié suivant les années, entre le 1^{er} et le 18 avril, celles des récoltes, entre le 12 et le 30 octobre.

La variété de betterave choisie a été la « Hilleshög R. », à grand bouquet foliaire. Les densités théoriques de peuplement ont été, suivant les années, de 80.000 à 81.820 plants à l'ha.

METHODE EXPERIMENTALE

En 1953, les essais ont été exécutés suivant la méthode des blocs, avec quatre répétitions ; les années suivantes la méthode des « Lattis rectangulaires », décrite par COCRAN et COX (2), a été appliquée, chacun des essais annuels comprenant 20 traitements avec 2 x 3, soit 6 répétitions et un total de 120 parcelles.

Seules, les betteraves ayant végété dans les conditions données de peuplement ont été retenues pour la détermination des rendements, ceux-ci étant, en conséquence des rendements théoriques ; la superficie des parcelles a été choisie pour obtenir 180 à 200 betteraves « utiles ». La détermination du pourcentage de tare et celle de la teneur en sucre (au polarimètre, méthode SACHS-LEDOCTE de digestion à froid) ont été faites sur un échantillon comprenant toutes les betteraves de deux lignes prises au hasard, soit 50 à 60 betteraves.

RESULTATS

Pour la facilité de l'examen et de l'interprétation, les résultats de chaque essai annuel seront exprimés en % de la moyenne générale et scindés en différents tableaux sous chacun des quatre titres discutés dans cette note.

Afin d'éviter les répétitions, les différents rendements et teneurs correspondant à la valeur 100, c'est-à-dire à la moyenne générale de l'essai, et les plus petites différences significatives au point 0,05 suivant le test « F » de FISHER, exprimées elles aussi en % de la moyenne générale, de chacun des essais sont reprises dans le tableau I.

I. — Influence de la fumure potassique

Les résultats qui ont trait à la fumure potassique sont réunis dans le tableau II.

Si les différences entre les rendements en poids et les teneurs en sucre des différents traitements ne sont pas significatives, les résultats les plus élevés sont néanmoins obtenus avec les fumures potassiques de 212,5 à 225 kg de K_2O /ha tant par rapport aux fumures plus faibles que plus fortes.

En 1954, ces différences se traduisent significativement entre les rendements sucre des traitements 212,5 et 167 kg K_2O /ha et presque significativement entre les traitements 212,5 et 187,5 kg de K_2O /ha.

Les doses variables d'engrais potassiques ne se sont pas marquées significativement dans les rendements en feuilles.

Dans les conditions des essais, la fumure potassique optimum de la betterave se révèle être environ 225 kg de K_2O /ha et si, comme le signale JORET (3), une dose excessive de potasse peut avoir un effet nul ou même dépressif, on peut constater qu'une fumure insuffisante se marque nettement dans les rendements. Les résultats d'essais culturaux ayant pour objet la fumure potassique ne sont pas toujours concordants : ces divergences se comprennent par le fait que le sol, par son pouvoir fixateur variable suivant sa nature et par ses réserves, reflétant avant tout le régime cultural, est l'intermédiaire puissant et nécessaire de l'alimentation potassique, et d'ailleurs aussi phosphatée, de la plante.

La fumure phosphopotassique est bien, suivant l'expression judicieuse de BOISCHOT (4), avant tout un problème pédologique tandis que la fumure azotée à laquelle la plante réagit très sensiblement, ainsi que le montrent les résultats repris au tableau III, est essentiellement un problème de physiologie végétale.

L'optimum de fumure potassique qui se dégage de ces essais, vaut donc seulement pour des conditions analogues de climat, de sol et de régime cultural, celui-ci étant caractérisé en ordre principal par la rotation et la série des fumures successives.

A ce sujet, on peut souhaiter que les expérimentateurs définissent les conditions de régime cultural aussi complètement que possible : la connaissance de ces conditions est en effet indispensable pour la compréhension des causes lointaines, l'interprétation des résultats d'essais culturaux et la transposition de ceux-ci dans la pratique agricole.

TABLEAU I
Valeurs des moyennes générales et des plus petites différences significatives

	1953		1954		1955		1956	
	Moyenne générale : 100 (kg/ha)	Plus petite différence signif. en %	Moyenne générale : 100 (kg/ha)	Plus petite différence signif. en %	Moyenne générale : 100 (kg/ha)	Plus petite différence signif. en %	Moyenne générale : 100 (kg/ha)	Plus petite différence signif. en %
Rendements en poids	62.400	3.5	49.728	7.6	56.189	4.6	50.048	N. S.
Teneur en sucre . . .	18.7 %	N. S.	17.9 %	1.8	17.5 %	1.3	16.3 %	N. S.
Rendement sucre . . .	11.652	N. S.	8.885	4.7	9.878	5.6	8.155	N. S.
Rendement feuilles et collets	43.733	N. S.	54.674	8.6	37.874	13.1	51.877	7.9

N. S. : résultats non significativement différents au point 0.05.

TABLEAU II

	1954		1955		1956	
N. kg/ha	125	125	150	150	150	150
P ₂ O ₅ »	125	125	150	150	150	150
K ₂ O »	167	187.5	212.5	300	225	300
Rendement poids . . .	104.0	103.8	105.9	101.2	100.0	96.8
Teneur sucre	99.8	99.9	100.4	99.7	100.4	99.4
Rendement sucre . . .	103.2	103.7	108.2	101.6	99.0	96.2
Rendement feuilles et collets	109.3	109.0	112.0	101.6	101.4	99.0
						98.7
						99.8
						98.5
						105.1

II. — Fumure azotée et forme d'azote

Le tableau III groupe les résultats obtenus avec des engrais azotés divers ou utilisés à différents niveaux de fumure.

Il est presque superflu de souligner tout d'abord que les rendements obtenus sur les parcelles sans fumure et avec la seule fumure phosphopotassique démontrent l'évidence culturale et économique de la fumure azotée.

Les rendements en sucre obtenus avec la cyanamide pulvérulente et avec le nitrate d'ammoniaque sont identiques. Les teneurs en sucre des betteraves fumées à la cyanamide sont, en général et à tous les niveaux de fumure, significativement supérieures : par contre, les rendements en feuilles et collets sont plus faibles : au cours de la végétation, le bouquet foliaire est visiblement moins développé.

La cyanamide granulée (Perlamide) donne des rendements en poids, en sucre et en feuilles, en général significativement inférieurs. Avec cet engrais, l'amélioration de la teneur en sucre obtenue par la cyanamide pulvérulente ne se produit pas, fait qui s'explique par une action retardée de l'azote due à la granulation qui, selon LOTTI et CARLONI (5), ralentit les phénomènes d'hydrolyse et de diffusion de l'engrais.

Comme engrais pour la betterave sucrière, la cyanamide présente donc des particularités intéressantes auxquelles il convient d'ajouter son action herbicide : cependant, comme le montrent les essais effectués par WAUTHY (6), il faut souligner que, pour être rationnelle, l'application de cet engrais surtout dans sa forme granulée doit se faire tôt avant la plantation.

Le remplacement de $\frac{1}{3}$ de l'azote cyanamidé par du nitrate d'ammoniaque a comme effet de rapprocher les résultats de ceux obtenus avec le nitrate d'ammoniaque seul, en provoquant notamment une augmentation sensible du rendement en feuilles.

L'urée a donné des résultats semblables à ceux obtenus avec le nitrate d'ammoniaque : en 1954, au niveau 150 unités d'azote, les rendements en sucre sont un peu plus élevés et les teneurs en sucre significativement supérieures : en 1954 également, les rendements en feuilles sont inférieurs, mais, toutefois, plus élevés qu'avec les cyanamides, tandis qu'en 1955 et 1956, ils ne sont pas significativement différents des rendements produits par le nitrate d'ammoniaque.

Pendant toute la durée de la végétation, le feuillage des parcelles fumées à l'urée est bien vert sans être trop foncé : son état semble indiquer une alimentation azotée de la plante, soutenue et régulière qui peut s'expliquer partiellement par une répartition de l'engrais en profondeur dans le sol, préalable à son hydrolyse et à sa fixation.

Les conditions des essais semblent très appropriées à la fumure au moyen de l'urée : elles correspondent, en effet, aux indications citées

	1953					1954					1955					1956				
	0	125	212,5	0	100	125	150	255	150	125	150	175	120	150	180	150	150	225	360	
N par ha	133																			
P ₂ O ₅ »	150																			
K ₂ O »	200																			
<i>Nitrate d'ammoniaque :</i>																				
Rendement racines . .	101,3	80,1			105,3	105,9	104,8				101,2	101,1	101,0	96,8	103,8					
Teneur en sucre . . .	99,6	101,0			100,5	106,4	98,7				99,7	97,1	100,8	99,4	99,3					
Rendement sucre . . .	101,1	82,6			104,7	108,2	103,7				101,6	100,2	101,9	96,2	102,9					
Rendement feuilles . .	103,4	61,3			104,5	112,0	115,7				101,6	106,4	95,0	99,0	100,7					
<i>Cyanamide pulvéru.</i> :																				
Rendement racines . .	101,9	—			—	100,6	—				—	—	—	98,9	—					
Teneur en sucre . . .	100,9	—			—	102,7	—				—	—	—	102,2	—					
Rendement sucre . . .	102,0	—			—	103,8	—				—	—	—	101,1	—					
Rendement feuilles . .	100,2	—			—	88,5	—				—	—	—	88,8	—					
<i>Cyanamide granulée</i>																				
(<i>Peramide</i>) :																				
Rendement racines . .	96,3	—			—	102,9	—				—	—	—	95,5	—					
Teneur en sucre . . .	100,2	—			—	99,0	—				—	—	—	99,7	—					
Rendement sucre . . .	96,9	—			—	102,3	—				—	—	—	95,2	—					
Rendement feuilles . .	95,4	—			—	92,8	—				—	—	—	95,2	—					
(<i>réa</i>) :																				
Rendement racines . .	—	—			—	103,4	106,8				101,2	—	—	96,9	—					
Teneur en sucre . . .	—	—			—	101,6	100,2				101,8	—	—	100,7	—					
Rendement sucre . . .	—	—			—	104,7	106,4				102,7	—	—	97,6	—					
Rendement feuilles . .	—	—			—	99,2	104,8				99,0	—	—	96,6	—					
<i>Nitrate de soude :</i>																				
Rendement racines . .	—	—			—	—	—				—	—	—	97,2	—					
Teneur en sucre . . .	—	—			—	—	—				—	—	—	100,0	—					
Rendement sucre . . .	—	—			—	—	—				—	—	—	97,2	—					
Rendement feuilles . .	—	—			—	—	—				—	—	—	99,5	—					
<i>Cyanamide 2/3 -</i>																				
Nitr. d'A. 1/3 :																				
Rendement racines . .	—	—			—	—	—				101,9	—	—	—	—					
Teneur en sucre . . .	—	—			—	—	—				101,0	—	—	—	—					
Rendement sucre . . .	—	—			—	—	—				103,2	—	—	—	—					
Rendement feuilles . .	—	—			—	—	—				96,8	—	—	—	—					
<i>Cyanamide 2/3 -</i>																				
1/3 <i>Peramide</i> -																				
1/3 <i>Nitrate d'Am.</i> :						104,0	106,8				100,7	—	—	100,1	—					
Rendement racines . .	—	—			—	—	99,7				101,5	—	—	101,3	—					
Teneur en sucre . . .	—	—			—	103,0	99,4				101,5	—	—	101,4	—					
Rendement sucre . . .	—	—			—	94,3	107,0				96,2	—	—	91,3	—					
Rendement feuilles . .	—	—			—	—	—				—	—	—	—	—					

par SOUBIES, GADET et LENAIN (7) : d'une part, sol de bonne structure, rétentif pour l'eau, riche en colloïdes et d'autre part, plante requérant un pH élevé et, en relation avec son enracinement, une bonne répartition en profondeur de l'élément nutritif.

Les résultats obtenus avec le nitrate de soude et le nitrate d'ammoniaque, dans l'expérience réalisée en 1956, sont pratiquement identiques.

Les effets dus à l'augmentation de la fumure azotée sont bien connus : à partir d'un certain niveau, les rendements en poids restent stationnaires tandis que les teneurs en sucre diminuent et les rendements en feuilles augmentent. Selon de nombreux auteurs, parmi lesquels nous citerons BAERTS (8), SIMON (9), HADDOCK (10) la pureté des jus se modifie inversement à la fumure azotée.

Ainsi que l'indiquent, au tableau IV, les résultats des analyses effectuées, la teneur en azote total de la matière sèche des racines augmente plus que proportionnellement à partir du niveau de fumure azotée qui paraît correspondre à la dose optimum d'engrais : ces constatations ont été faites avec des fumures complètement ou partiellement nitroammoniacales. Cependant on remarque, d'autre part, qu'avec la cyanamide et l'urée à doses égales en azote, les rendements en sucre étant équivalents, la teneur en azote des betteraves est plus basse et n'augmente pas dans la même mesure. En conséquence, on peut penser que l'urée et la cyanamide présentent un intérêt pour les cultures qui requièrent une fumure azotée relativement importante et dont la qualité doit se caractériser par une faible teneur en azote.

Les résultats des quatre années d'essais indiquent que la fumure azotée optimum (en plus d'une fumure organique supposée être de 40 t de fumier par ha) se situe entre les niveaux 125 et 150 unités d'azote : elle peut varier entre ces limites suivant notamment le type de sol, les

TABLEAU IV

Azote total (1) en % de la matière sèche dans les racines
(essais de l'année 1954)

N ₂ en Kg. ha	0	0	60	100	125	150
P ₂ O ₅	0	125	60	100	125	150
K ₂ O	0	212,5	102	170	212,5	255
Nitrate d'ammoniaque	0,58	0,59	0,58	0,67	0,68	0,75
Cyanamide pulvérulente	—	—	—	—	0,62	—
Cyanamide granulée	—	—	—	—	0,64	—
Urée	—	—	—	—	0,63	0,65
Cyan. gran. + nitr. d'am. . . .	—	—	—	—	0,64	0,72
Composé gran. B (voir p. 348)	—	—	0,60	0,67	0,68	0,80

(1) Azote déterminé par la méthode Kjeldahl.

précédents culturaux, le moment d'application des engrais et la nature de ceux-ci, les dates de semis ou de récolte de la culture et la climature — imprévisible — de l'année.

Les opinions sur la fumure azotée de la betterave sucrière sont assez concordantes ; en Belgique, SIMON (9) et ROUSSEL (11) préconisent une fumure de 175 kg d'azote à l'ha, à la suite d'essais sur parcelle n'ayant toutefois pas reçu de fumure organique ; dans certaines régions du nord de la France, il est conseillé 120 à 160 kg d'azote à l'ha (12).

III. — Influence du fractionnement de la fumure

En relation avec l'utilisation éventuellement exclusive d'engrais composés, les essais ont comporté des comparaisons entre l'application avant la plantation de l'entière de fumures réalisées au moyen d'engrais simples et d'engrais complexes, et le fractionnement par l'épandage différé d'environ 1/6 de tous les constituants des fumures et non des seuls engrais azotés, après le démariage.

TABLEAU V

		1955		1956
FUMURES	N en kg/ha	150	175	150
	P ₂ O ₅ »	150	175	150
	K ₂ O »	300	350	300
1. Avec engrais simples :				
a) Application non fractionnée :				
	Rendement poids	100,0	101,1	98,7
	Teneur sucre	100,4	97,1	99,8
	Rendement sucre	99,0	100,2	98,5
	Rendement feuilles	101,4	106,4	105,1
b) Application fractionnée :				
	Rendement poids	102,5	104,2	105,0
	Teneur sucre	98,1	96,7	100,1
	Rendement sucre	100,0	101,0	105,0
	Rendement feuilles	98,2	108,9	103,4
2. Avec engrais composé de formule 1-1-2 :				
a) Application non fractionnée :				
	Rendement poids	100,9	101,1	99,3
	Teneur sucre	98,5	94,6	100,8
	Rendement sucre	100,4	96,1	100,2
	Rendement feuilles	105,6	113,6	107,4
b) Application fractionnée :				
	Rendement poids	101,1	101,8	98,8
	Teneur sucre	97,7	96,1	100,9
	Rendement sucre	99,3	99,6	99,7
	Rendement feuilles	103,0	110,5	101,5

Les résultats obtenus, repris au tableau V, sont pratiquement identiques dans tous les traitements : la seule différence significative défavorable au fractionnement existe dans les teneurs en sucre des traitements avec les engrais simples au niveau 150 unités, différence qui résulte d'un excès d'azote en fin de végétation.

Comme on pouvait s'y attendre, et quelles que soient les combinaisons dans lesquelles l'azote est engagé dans l'engrais complexe, le fractionnement de la totalité de la fumure n'a pas donné de résultats différents de ceux obtenus notamment par DECOUX et autres (13), et BARBIER et DURGEAT (14), avec l'épandage retardé d'une partie des engrais azotés.

C'est dire que la fumure de la betterave sucrière doit, autant que possible, être appliquée dans sa totalité avant la plantation. Les épandages supplémentaires en couverture d'engrais complets ou uniquement azotés, ne se feront qu'en cas de circonstances exceptionnelles : dans cette éventualité, l'urée, en raison de son comportement dans le sol et de ses particularités d'action, et moyennant détermination expérimentale des modalités d'application, pourrait être utilisée comme engrais azoté de couverture.

IV. — Engrais composés

Les essais nous ont permis de comparer les effets de fumures réalisées, d'une part, au moyen d'engrais simples et, d'autre part, avec divers engrais composés du commerce.

Les engrais composés introduits dans les essais de 1954 et 1955 ont été :

Engrais A de rapport N, P_2O_5 , K_2O :	1	-	1	-	1,2,
» B » » :	1	-	1	-	1,7,
» C » » :	1	-	1	-	2,

soit trois engrais « complexes » présentés sous la forme granulée, l'azote étant mi-nitrique, mi-ammoniacal.

Engrais D de rapport, 1 - 1 - 1,5, granulé, azoté mi-nitrique et mi-ammoniacal, la potasse sous forme de sulfate : engrais contenant les éléments mineurs : bore, manganèse, cuivre, zinc, cobalt.

D'autres engrais composés parmi lesquels des engrais non granulés, ont été introduits dans l'expérience de l'année 1956 : cependant, étant donné que, dans son ensemble, cet essai n'est pas statistiquement significatif, les résultats ne sont pas repris au tableau VI qui résume ceux obtenus en 1954 et en 1955.

On voit que les légères différences dans les rendements en poids et les teneurs en sucre se traduisent généralement, en 1954, par des rendements en sucre significativement supérieurs en faveur des engrais sim-

ples. Les comparaisons au niveau 60 unités d'azote d'une part, et au niveau 167 kg de K_2O (engrais composé A) d'autre part, ne présentent pas de différences ; ceci s'explique par le fait que les doses d'azote ou de potasse, étant insuffisantes, ont agi comme facteurs limitants, avec comme conséquence un certain nivellement des résultats.

TABLEAU VI

	1954							1955	
N en kg/ha . . .	60	100	125	150	125	125	125	150	175
P_2O_5 » . . .	60	100	125	150	125	125	125	150	175
K_2O » . . .	102	170	212,5	255	167	187,5	187,5	300	350
<i>Engrais simples avec Nitr. d'Ammon. :</i>									
Rendement racines	96,0	105,3	105,9	104,8	104,0	103,8	103,8	100,0	101,1
Teneur en sucre .	101,4	100,5	100,4	98,7	99,8	99,9	99,9	100,4	97,1
Rendement sucre .	100,8	104,7	108,2	103,7	103,2	103,7	103,7	99,0	100,2
Rendement feuilles	87,0	104,5	112,0	115,7	109,3	109,0	109,0	101,4	106,4
<i>Engrais comp. B :</i>									
Rendement racines	95,2	95,5	101,0	102,3	-	-	-	---	---
Teneur en sucre .	101,2	100,7	99,2	97,4	---	---	---	---	---
Rendement sucre .	99,0	96,5	99,8	97,8	-	-	-	---	---
Rendement feuilles	89,4	102,3	113,3	123,8	-	-	-	---	---
<i>Engrais comp. A :</i>									
Rendement racines	-	-	-	-	104,3	-	-	---	---
Teneur en sucre .	-	-	-	-	98,1	-	-	---	---
Rendement sucre .	-	-	-	-	102,0	-	-	---	---
Rendement feuilles	-	-	-	-	115,8	-	-	---	---
<i>Engrais comp. D :</i>									
Rendement racines	-	-	-	-	-	97,1	-	---	---
Teneur en sucre .	-	-	-	-	-	99,5	-	---	---
Rendement sucre .	-	-	-	-	-	97,4	-	---	---
Rendement feuilles	-	-	-	-	-	104,1	-	---	---
<i>Engrais comp. C :</i>									
Rendement racines	---	---	---	---	---	---	---	100,9	101,1
Teneur en sucre .	---	---	---	---	---	---	---	98,5	94,6
Rendement sucre .	---	---	---	---	---	---	---	100,4	96,1
Rendement feuilles	---	---	---	---	---	---	---	105,6	113,6

En 1955, aussi à l'avantage des engrais simples, les seules différences significatives se trouvent dans les teneurs en sucre, alors que les rendements en feuilles et collets sont légèrement plus élevés avec les engrais composés. Les résultats extériorisent donc encore une action tardive principalement du constituant azoté de l'engrais ; la granulation semble en être la cause, bien que, cependant, le nitrate d'ammoniaque, utilisé

comme engrais simple, se trouve également sous sa forme granulée courante. La diffusion de l'azote dans le sol à partir des granules d'engrais composé serait donc plus lente que celle qui a lieu à partir des granules de nitrate d'ammoniaque et on peut supposer que cette différence de comportement est liée au procédé de granulation ou à la nature du support de l'engrais.

Des expériences sur toute autre plante qui ne serait pas influencée défavorablement ou aussi sensiblement par une action tardive de la fumure, permettrait probablement de conclure, comme l'a fait BURGEVIN (15), à l'équivalence d'action des engrais composés granulés et des engrais simples.

À l'occasion d'essais de fumure sur froment d'hiver, nous avons constaté que les comparaisons entre engrais simples et engrais composés granulés ont même été à l'avantage de ces derniers dans le cas d'application de la totalité de la fumure aux semis. On sait, notamment par les travaux de COÏC (16), que le froment a des besoins en azote légers avant tallage, abondants au moment de sa croissance active et soutenus pendant la période d'assimilation : les besoins importants en azote du froment se manifestent donc tardivement, à une période assez éloignée du semis. Dès lors, on comprend que, dans le cas particulier envisagé, les résultats soient favorables aux engrais se trouvant sous une forme qui limite la mobilité du constituant azoté au cours de la période hivernale.

Pratiquement, on peut déduire qu'en cas de fumure de la betterave au moyen d'engrais composés granulés, les inconvénients constatés seraient probablement évités par un épandage relativement hâtif, effectué en tous cas avant toute opération culturale de printemps.

CONCLUSION

Les résultats de ces expériences permettent de dire que la fumure azotée optimum de la betterave sucrière est située entre les niveaux 125 et 150 unités d'azote à l'ha, en supposant une fumure organique de 40 t de fumier. L'importance de la fumure potassique est liée aux réserves du sol dont l'état dépend de la nature du sol et du régime cultural, facteur très important qui, trop souvent, n'est pas assez précisé : dans les conditions des essais, la fumure potassique la mieux adaptée se révèle être environ 225 kg de K_2O à l'ha.

En considérant les rendements en sucre, les engrais azotés expérimentés ne se sont pas montrés différents entre eux. Chacun de ces engrais présente cependant des particularités d'action.

La cyanamide donne les rendements en feuilles les plus faibles.

Avec l'urée et la cyanamide, la richesse saccharine des betteraves est en général significativement plus élevée, tandis que la teneur en

azote de leur matière sèche et l'augmentation de cette teneur en rapport avec les doses d'engrais sont plus faibles. En conséquence, ces deux engrais paraissent indiqués pour la fumure des plantes dont la qualité est conditionnée par une teneur en azote peu élevée. Pour ces mêmes raisons, on peut envisager l'utilisation de l'urée en couverture dans le cas où une telle pratique s'avérerait nécessaire.

L'action retardée et prolongée de l'azote ou l'excès d'azote en fin de végétation, qui se caractérisent par une dépression de la teneur en sucre sans augmentation du poids des racines et par une augmentation du rendement en feuilles, sont défavorables aux rendements en sucre de la betterave. Cette action retardée de l'azote s'est manifestée dans les cas d'épandage différé des engrais ou d'utilisation d'engrais granulés. Pour éviter ces inconvénients, on peut conseiller d'appliquer tous les engrais avant le semis et d'effectuer l'épandage des engrais granulés très tôt, préalablement à toute opération culturale de printemps préparatoire à la plantation.

D'une manière générale, on voit que, indépendamment des quantités absolues de fertilisants nécessaires à une culture, les modalités d'application de la fumure ont une incidence sensible sur le rendement et la qualité des récoltes ; elles doivent varier, dans un milieu donné et pour chaque culture, d'après la marche de l'absorption des éléments nutritifs par la plante et suivant la nature et la forme des engrais.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) HANOTIAUX, G. : Les sols de la ferme de l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux. — *Annales de Gembloux*, 1954, n° 2.
- (2) COCHRAN, W. et COX, G. : *Experimental Designs*, New-York, 1950.
- (3) JORET, G. : Principes de la fumure potassique. — *Bulletin Technique d'Information* 81, 1953.
- (4) BOISCHOT, P. — *Annales agronomiques*, 1955, n° 5.
- (5) LOTTI et CARBONI. — *An. Fac. Agr. Univ. Pisa*, n° 15, cit. par Ann. Agr. 1956.
- (6) WAUTHY, R. — *Publications techniques de l'Institut Belge pour l'amélioration de la betterave*, 1956, n° 3.
- (7) SOUBIES, L., GADET, N., LENAIN : Recherches sur l'évolution de l'urée dans les sols et sur son utilisation comme engrais azoté. — *Annales agronomiques*, 1955.
- (8) BAERTS, F. : La campagne sucrière de 1944. — *La sucrerie belge*, 1945.
- (9) SIMON, M. — *Publications techniques de l'Institut Belge pour l'amélioration de la betterave*, 1955, n° 2.

-
- (10) HADDOCK : The influence of Plant Nutrition soil moisture and nitrogen Fertilisation on the sugar content. — *Agronomy journal*, 1949, n° 2.
- (11) ROUSSEL, N. — *Publications techniques de l'Institut Belge pour l'amélioration de la betterave*, 1955, n° 3.
- (12) *Bulletin des engrais*, mars 1956.
- (13) DECOUX, VANDERVAEREN et SIMON : Azote et betterave. — *Publications techniques de l'Institut Belge pour l'amélioration de la betterave*, 1937, n° 5.
- (14) BARBIER, J. et DURGEAT. — *Annales agronomiques*, série **A**, 1956.
- (15) BURGEVIN, H. — *Annales agronomiques*, 1943, n° 1.
- (16) COIC, Y., notamment : La nutrition azotée du blé. — *Annales agronomiques* **III**, 1952.
-

CHAIRE D'ECONOMIE RURALE

Considérations sur la productivité de l'agriculture belge (*)

par

Albert LEDENT

A l'exemple de ce qui se passait aux U. S. A. et en U. R. S. S. dès avant le dernier conflit mondial, les problèmes de productivité se trouvent actuellement, dans une très large mesure, au premier plan de l'actualité en Europe occidentale.

C'est normal ; ils concernent aussi bien le secteur de la production que celui de la distribution et nombre de faits économiques et sociaux s'y rattachent : évolution des rendements et des prix, niveau du revenu national, équilibre de la balance des comptes, modification de la structure des coûts de production, variation de la relation production agricole-production industrielle, migration des populations actives, chômage technologique ou difficultés de recruter de la main-d'œuvre, changements des niveau et genre de vie des masses, etc.

PREMIERE PARTIE

DEFINITIONS RELATIVES A LA PRODUCTIVITE — EVOLUTION DE LA PRODUCTIVITE

Définition de la productivité

La productivité est le rapport de la production aux facteurs qui y ont concouru. Par production, on entend ici la production brute finale, c'est-à-dire l'ensemble des produits vendus par l'agriculture ou consommés à la ferme, abstraction faite de ceux destinés à l'alimentation animale ou accumulés en vue de leur utilisation comme plants ou semences.

(*) Déposé à la rédaction le 12 avril 1957.

Trois facteurs onéreux participent à la production agricole : la terre améliorée, le travail et le capital. On connaît mal les liaisons techniques qui se manifestent entre eux et les coefficients de leur efficience respective sont actuellement impossibles à déterminer, car les rendements, surtout des cultures, fluctuent et se trouvent à la merci de phénomènes biologiques et de facteurs climatiques.

Si l'on rapporte la production à l'un ou l'autre de ces agents, on obtiendra la productivité de la terre, la productivité du capital, la productivité du travail qui, en l'occurrence, sera celle de la main-d'œuvre essentiellement agricole.

Ces diverses expressions ne reflètent pas la productivité inhérente à chacun des facteurs envisagés puisqu'on doit faire abstraction de la part d'un produit qui lui est imputable et aussi de celle gratuite attribuable à la nature.

L'emploi accru d'un élément de production contribue à augmenter sa productivité moyenne tant que sa production marginale excède cette dernière. Il fait monter la productivité moyenne des autres facteurs, utilisés en quantités constantes, aussi longtemps que la loi des rendements décroissants ne manifeste pas des effets déprimant la production.

Des calculs de productivité peuvent être effectués à l'échelon des exploitations agricoles : ils permettent, à leur sujet, d'apprécier l'efficience de l'utilisation des sols, du capital autre et de la main-d'œuvre, en des termes différents, de porter un jugement sur la gestion des entreprises. Des recherches peuvent aussi être réalisées à l'échelon des régions agricoles. Pour un pays donné, il n'apparaît pas inutile de se livrer à des comparaisons intéressantes entre l'agriculture et d'autres secteurs de l'activité (sans négliger les conditions qui leur sont particulières), mais aussi entre des groupes d'unités économiques : on analysera avec soin les causes des différences constatées, de façon à obtenir des éléments aidant à orienter la politique économique et notamment celle du crédit. Des comparaisons de nation à nation permettront de déterminer les pouvoirs concurrentiels et de fixer les politiques douanières adéquates.

La productivité de la terre

La productivité du sol dépend de sa fertilité naturelle, des conditions climatiques ambiantes, du travail qu'il reçoit et des capitaux qui y sont investis.

Au cours du siècle écoulé, le rendement physique de nos terres a beaucoup augmenté (tableau 1).

Comme le volume des récoltes est lié aux conditions atmosphériques et, pour diverses espèces cultivées (pomme de terre), surtout à l'époque où l'on ignorait totalement les procédés de lutte contre les maladies, à

TABLEAU 1

Production par ha (kg)

Produits	1846	1856	1866	1880	1895	1910	1929	1950
Froment . . .	1.435	1.679	1.418	1.529	1.931	2.360	2.412	3.148
Seigle	1.326	1.475	1.569	1.422	1.786	2.167	2.504	2.690
Avoine	1.404	1.522	1.664	1.614	1.759	2.428	2.544	2.840
Pomme de terre .	14.392	12.831*	10.037*	12.235*	15.598	16.387	22.818	21.975
Betterave sucrière	35.519	39.007	30.767	31.676	31.028	30.071	27.766	42.710
% de sucre . . .	avant 1880, la richesse ne dépassait guère 8 à 10 %				de 1890 à 1895 : 12,85 % en moyenne	14	16,50	16,12
Sucre par ha (kg)				3.168	3.987	4.210		6.885**

* Affection cryptogamique (Phytophthora infestans).

** Année exceptionnellement favorable.

leur état sanitaire, il ne paraît pas sans intérêt de citer des rendements moyens annuels relatifs à certaines périodes (tableau 2).

TABLEAU 2
Production par ha : Moyennes annuelles (kg)

Produits	1871-1880	1886-1895	1900-1909	1936-1938	1949-1955
Froment	1.529	1.847	2.519	2.600	3.383
Seigle	1.422	1.706	2.284	2.350	2.733
Avoine	1.614	1.789	2.507	2.650	2.996
Pomme de terre .	12.235	15.251	16.209	21.500	24.206
Betterave sucrière .	31.676	31.028	30.030	28.060	37.413
% sucre		12,56		16,5	16 - 16,5

En un siècle, le rendement des cultures citées a généralement plus que doublé. Seul, le poids des betteraves sucrières récoltées par ha a peu varié mais leur teneur saccharifère a nettement augmenté.

Si l'on envisage la productivité des terrains consacrés à la production de denrées fourragères et qu'on l'appécie par un critère indirect — le bilan de notre production nationale de fourrages et de nos importations nettes correspondantes aligné sur les nécessités de la production animale nationale —, on constate des progrès notables, spécialement au cours des récentes années.

En 1936-1938, les agriculteurs belges se procuraient à l'étranger 2.078.000 tonnes d'aliments pour le bétail, en moyenne, par année : la production intérieure couvrait respectivement 73 et 62 % des besoins de nos animaux en unités fourragères et en protéines. En 1953, ces taux étaient passés à 84 et 77 % et nos importations étaient tombées à 1.543.000 tonnes. La performance paraît d'autant plus convenable qu'entretemps, l'indice à prix constants de la valeur de notre production animale est passé de 100 à 113 alors que la superficie totale des cultures fourragères et des prairies n'a augmenté que d'environ 6 % : elle est due à l'accroissement des rendements unitaires, au perfectionnement des méthodes de récolte et de conservation des produits, à leur utilisation plus rationnelle et aussi à l'amélioration du pouvoir de transformation, par les animaux, des aliments affouragés en viande, lait ou œufs.

L'accroissement de la productivité de nos terres a été provoqué par les modifications profondes subies par notre agriculture, principalement depuis le début du XIX^{me} siècle.

La première, amorcée dès le XVIII^{me} siècle, réside dans l'extension de cultures nouvelles, telle celle de la pomme de terre, qui introduite en Europe à la fin du XVI^{me} siècle, fut d'abord peu appréciée

par nos ancêtres mais devint, vers 1740, l'aliment principal des Flamands. Plus tard, la production de la betterave prospéra également. Au cours de la période napoléonienne, le blocus continental priva nos régions de leur approvisionnement en denrées d'outremer et notamment en sucre. La culture de la betterave, en vue de l'extraction de cet aliment, fut rendue obligatoire par décret du 25 mars 1811. A cette époque, l'industrie sucrière n'avait connu qu'une prospérité éphémère chez nous : sous le régime hollandais, elle avait disparu et c'est seulement vers 1834, que les premières sucreries se mirent au travail dans le Royaume de Belgique.

La pomme de terre et la betterave, à cause de leur pouvoir d'amélioration des capacités productives des sols, se trouvent avec les légumineuses fourragères (féveroles, trèfle, luzerne) à la base du remplacement, par un système continu de cultures, du mode ancestral de production consistant à faire alterner jachère et céréales.

L'élimination graduelle de la jachère a évidemment permis de banir, chaque année, pour une certaine étendue de terres arables, un manque de production préjudiciable à l'économie nationale.

Un deuxième aspect de l'évolution dans les techniques agricoles réside dans l'avènement des engrais chimiques et des amendements. Pendant des siècles, les déficiences des sols ne furent atténuées que par l'utilisation de fumier fabriqué grâce aux déjections animales et à partir de litières parfois glanées çà et là, et aussi, par le recours à des pratiques telles que l'essartage et l'écobuage : la jachère créait bien plus un enrichissement relatif qu'absolu du sol, et, à la suite d'une suspension de la production de diverses parcelles, permettait un renforcement de la fumure destinée à celles sous labour. Procédés nettement insuffisants qu'il fallut modifier pour adapter la production aux besoins grandissants de la société ! Nos cultivateurs recoururent de plus en plus aux engrais chimiques (tableau 3, p. 358) : à l'heure actuelle, ils comptent parmi les premiers utilisateurs de ces fertilisants du monde (1).

De son côté, la marche en avant de la science agronomique entraîna la substitution des modes de culture rationnels à l'empirisme ancestral. Aujourd'hui, on fume et amende les prairies et les champs en connaissance des sols : la lutte contre les parasites des végétaux prend de plus en plus d'ampleur et la découverte des lois de l'hérédité a permis l'obtention de meilleures races de plantes cultivées. Les améliorations foncières posent des problèmes techniques dont la solution est fréquemment connue : l'effort en matière d'assainissement des terres se renforce : alors qu'en 1850, le Service officiel du drainage estimait l'étendue de nos terrains assainis par tuyaux à 150 ha, entre 1945 et 1950, on a amélioré le régime hydraulique de 10.167 ha : la loi du 25 juin 1956 concerne le remembrement légal des biens ruraux : nul doute que nos exploitants, dont les terroirs sont fortement parcelés (la grandeur moyenne de cha-

(1) Cf. notamment les publications de l'Organisation Européenne de Coopération Economique relatives à ce sujet.

TABLEAU 3

Quantités approximatives d'éléments contenus dans les engrais chimiques utilisés en Belgique

	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	Total (tonnes)	par ha (kg)	Total (tonnes)	par ha (kg)	Total (tonnes)	par ha (kg)
1895* (a)	12.090	6,—	15.667	8,—	1, (b)	
1910* (c)	27.000	13,90	38.500	19,80	8.000	4,10
1929* (c)	57.000	29,90	71.000	37,20	40.000	21,—
1950* (c)	78.000	42,70	94.000	51,50	112.000	61,40
1950-1951 (d)	75.709	42,30	78.501	43,86	148.567	83,—
1951-1952 (d)	81.577	45,88	82.482	46,39	144.002	80,99
1952-1953 (d)	83.087	49,66	83.587	49,96	132.000	77,70
1953-1954 (d)	96.668	55,—	96.422	55,40	142.838	82,10
1954-1955 (d)	93.381	54,—	89.746	51,90	141.025	81,60

* Calculs effectués en se basant sur les données des recensements généraux de l'agriculture.

(a) Il n'a pas été tenu compte des engrais composés dont on a utilisé près de 67.000 tonnes.

(b) Uniquement le chlorure de potasse, le sulfate de potasse et la kaïnite.

(c) Source : Desmedt : L'emploi des engrais chimiques au cours des cinquante dernières années - Revue de l'Agriculture - 1953 (n° 4) - Bruxelles.

(d) Source : La Statistique agricole 1955 - Institut National de Statistique, Bruxelles.

que pièce de terre (1) mise en culture n'est que très légèrement supérieure à 1 ha et elle semble comporter, en moyenne, trois parcelles soumises à des cultures différentes). n'appréciant l'utilité et la nécessité de pareille réforme.

La révolution mécanicienne, issue de progrès accomplis en dehors de l'agriculture elle-même, a également déterminé un accroissement de la productivité de nos terres. L'emploi généralisé de certaines machines à traction animale ou mécanique, plus efficaces que les outils séculaires, a permis un meilleur travail du sol.

En 1895, on avait recensé, en Belgique, 209.685 charrues (dont 37.322 à plusieurs socs), soit sensiblement 1 pour 7 ha soumis à assolement : les déchaumeuses, scarificateurs et extirpateurs ne se rencontraient guère que dans les grandes exploitations : on en avait dénombré 37.756, soit 1 pour 41 ha de terre sous labour : il existait 340.639 herbes, ou environ 1 pour 4 ha de terres arables, 120.496 rouleaux, soit 1 pour 12 ha de terres labourées et 12.139 houes à cheval.

(1) Pièce de terre = tout bloc, pièce de terrain, terrain entouré entièrement de terre appartenant à une autre exploitation.

En 1950, nos agriculteurs disposaient de :

- 273.026 charrues (dont 18.936 polysoes et 5.950 charrues spéciales), ou environ 1 pour 3 ha 20 a de terres arables ;
- 102.271 déchaumeuses, scarificateurs, cultivateurs, extirpateurs et pulvérisateurs, ce qui correspond à peu près à 1 de ces appareils pour 8 ha 55 a de terres arables ;
- 274.871 herbes, ou 1 pour 3 ha 18 a ;
- 112.236 rouleaux, soit 1 pour 7 ha 79 a ;
- 54.042 bineuses et houes à cheval (dont 38.269 bineuses), ou 1 pour 16 ha 17 a.

Grâce au tracteur, qui symbolise de la façon la plus marquante la transposition — d'ailleurs limitée par diverses particularités — de la révolution industrielle à l'agriculture, les façons aratoires peuvent être plus poussées et réalisées au meilleur moment : les emblavements sont davantage effectués à l'instant le plus propice.

La rapidité d'exécution de la moisson, faite parfois à l'aide de moissonneuses-batteuses, qui suppriment des manutentions, détermine une diminution des pertes de grains à la récolte.

Au cours des années, notre agriculture — à l'instar de celle des nations civilisées — a subi une évolution profonde comportant diverses phases : phases biologique, chimique, phase marquant le triomphe de l'agronomie, et, celle, commune à l'industrie, aux transports et à l'agriculture, que constituent l'apparition de la machine et les changements des formes d'énergie.

Enfin, quand le cadre général de la vie économique s'est élargi et à mesure que la règle du prix de revient concurrentiel s'est affirmée, nos agriculteurs ont dû s'adapter aux conditions nouvelles : des champs ont été transformés en prairies ; on a abandonné, à la forêt, des terrains agricoles devenus inframarginaux. L'adaptation du terroir à sa vocation de production la plus utile a évidemment provoqué un accroissement des rendements nationaux moyens de certaines cultures.

*
**

Comme nos productions agricoles finales se trouvent largement représentées par des productions animales, l'amélioration de la productivité de nos animaux de rente, mise en évidence en ce qui concerne les vaches et les poules, par le tableau 4 (p. 360), a contribué, d'une manière indirecte, à augmenter la productivité finale de nos terres.

Les rendements en lait et en œufs ont crû ; la conformation des animaux et leur pouvoir de transformation des aliments en viande ont aussi évolué d'une manière favorable.

Il est certain que les centres d'insémination artificielle, les syndicats d'élevage et ceux d'exploitation, les centres expérimentaux d'engraissement porcin, les stations de sélection avicole, etc. représentent autant

TABLEAU 4
*Evolution des rendements moyens individuels
 des vaches laitières et des poules*

Années	Vaches laitières : litres de lait par année	Poules : œufs par année
1846	1.400	
1865	1.400	
1880	1.400	
1895	1.700	
1900	1.900	
1929	2.500	110
1936-1938 (moyenne) .	2.800	120
1950	3.300	142
	(à 3,33 % de M. G.)	
1954	3.650	150
	(à 3,34 % de M. G.)	
1955	3.650	155
	(à 3,36 % de M. G.)	

de jalons sur la voie qui mène à une production élevée obtenue conformément aux règles économiques de gestion.

*
**

Des considérations émises, il résulte que la quantité de biens destinés à la consommation humaine, produite par ha de terre en culture, a notablement augmenté depuis que furent réalisées, en Belgique, les premiers recensements de l'agriculture.

En l'espace des vingt dernières années, cette progression, pourtant contrariée par la guerre mondiale, ne s'est pas relâchée. Elle apparaît à la lecture du tableau 5 établi par l'Organisation Européenne de Coopération Economique (O.E.C.E.). Les données y figurant représentent les valeurs, par ha, de la production agricole consommée par les hommes, déduction faite des aliments pour le bétail importés. Ces valeurs sont exprimées en unités-froment, sur la base des rapports d'avant la guerre entre le prix des produits et celui du froment.

TABLEAU 5
*Valeur de la production agricole finale nette
 au sein de l'Union Economique Belgo-Luxembourgeoise*

	Période d'avant-guerre	1950-1951	1953-1954
Unités de froment par ha .	277	362	413
Indice correspondant . . .	100,0	130,7	149,1

Quant à la valeur de la production agricole finale par ha cultivé (rendement brut ou revenu brut par hectare), calculée sur la base des prix de 1936-1938 et en tenant compte de l'évolution des effectifs du cheptel, elle a varié comme ci-après :

	Fr. par ha	Indice
1936-1938 (moyenne annuelle)	5.900	100,0
1950	6.562	111,2
1951	6.766	114,7
1952	6.908	117,1
1953	7.161	121,4
1950-1954 (moyenne annuelle)	6.906	117,1
1952-1954 (Idem)	7.071	119,8

La productivité rapportée au capital agricole

On l'exprime par le rapport :
$$\frac{\text{Production agricole finale}}{\text{Capital agricole}}$$

Selon VLIEBERGH (1), et son avis est confirmé par BAUDHUIN (2), avant 1914, l'agriculture belge représentait une richesse nationale d'environ 10 milliards et son revenu brut atteignait 2 milliards de francs. Il faudrait, pour pouvoir tirer une conclusion irréprochable, connaître l'acception que prenait, dans l'esprit de cet auteur, l'expression « revenu brut ».

A la veille de la dernière guerre, le professeur BAUDHUIN (3) avait estimé le capital mis en œuvre par notre agriculture à 70-75 milliards de francs de l'époque. En 1936-1938, la production agricole finale atteignait un montant annuel moyen de 10.728.997.000 Fr. Le quotient de ces données est proche de 0,15 ou 15 %.

Après le second conflit mondial, une nouvelle estimation (4) a montré que le capital agricole atteignait 200 milliards de Fr. Ce montant était fort proche de celui cité par le Ministère de l'Agriculture : 196 milliards, en 1950. Selon ce même organisme, la valeur de la production agricole finale a récemment évolué comme suit :

1950 : 40.591.800.000 Fr.	1953 : 45.645.100.000 Fr.
1951 : 43.734.800.000 Fr.	1954 : 46.301.700.000 Fr.
1952 : 44.870.900.000 Fr.	1955 : 47.142.500.000 Fr.

(1) VLIEBERGH : *Eléments d'économie rurale non-technique* surtout en ce qui regarde la Belgique et les pays environnants : De Bièvre, Brasschaet - 1922.

(2) *Infra*.

(3) BAUDHUIN : *Economie agraire*, 4^{me} édition. Institut de Recherches Economiques et Sociales, Louvain - 1945.

(4) BAUDHUIN : *Economie agraire*, 5^{me} édition, I.R.E.S., Louvain - 1953.

Le rapport de la moyenne annuelle (44.881.100.000 Fr.) de ces revenus successifs au capital agricole est d'environ 0,22 ou 22 % et apparaît en augmentation par référence à la période 1936-1938.

Quelles sont les causes de cette augmentation ?

Il y a d'abord l'accroissement de la production agricole finale, dont l'indice de la valeur a cependant moins haussé que celui du volume (tableau 6).

TABLEAU 6

*Accroissement de la production agricole finale :
Indices de valeur et de volume (1951-1952 = 100)*

Année ou période	Indice de valeur	Indice de volume
1936-1938 (moyenne annuelle)	24,2	89,1
1950	91,1	98,0
1951	98,7	99,1
1952	101,1	101,0
1953	102,9	108,2
1954	104,5	109,6
1955	106,2	115,9

Il y a surtout le fait que le capital agricole — et ici c'est plutôt le capital terre qui est visé (1) — n'a pas suivi le mouvement des prix des produits agricoles. Entre les deux estimations du professeur BAUDHUI, le capital agricole n'a été multiplié que par le coefficient 2,6 environ : tandis que, par rapport à la période de référence 1936-1938, l'indice des prix moyens des produits agricoles a sensiblement atteint le niveau 3,62, au cours de la période 1950-1954.

La productivité financière, calculée en pour-cent du capital agricole, exprime le revenu brut agricole par 100 F de l'actif net. Bien qu'en agriculture, il y ait, en général, une corrélation assez sensible entre le rendement ou revenu brut et la valeur ajoutée ou produit social, la productivité financière ne constitue pas un critère absolu de l'efficacité économique de notre secteur agricole national : son taux ne peut non plus être confondu avec la rémunération normale des investissements accomplis : le rendement brut doit couvrir, outre les frais de production, l'intérêt de tous les capitaux agricoles : c'est seulement après que cet équilibre se trouve réalisé que l'on peut éventuellement parler de profit de l'entreprise.

(1) *Infra.*

La productivité rapportée à la main-d'œuvre

On l'apprécie par la relation :
$$\frac{\text{Production agricole finale}}{\text{Nombre de personnes actives en agriculture}}$$

Le rendement par heure de travail effectif, calculé à partir de la valeur ajoutée, serait évidemment la meilleure mesure de la productivité du travail.

Définition de la main-d'œuvre : On peut distinguer le travail agricole proprement dit ou travail direct et le travail indirect presté par le cultivateur (entretien des machines) et des personnes occupées dans d'autres secteurs de l'activité que l'agriculture, mais qui coopèrent indirectement à la production de denrées végétales ou animales : personnes qui réalisent l'extraction des métaux et des combustibles utiles à la fabrication des machines, qui fabriquent des engrais, des produits phytopharmaceutiques et d'autres approvisionnements, qui réparent le matériel ou entretiennent les bâtiments d'exploitation : agents transporteurs et intermédiaires fournissant les engrais, les machines, etc.

En rapportant la production au travail direct ou à l'ensemble travail direct et indirect, on détermine respectivement la productivité brute et la productivité nette du travail.

Le calcul de la productivité nette serait extrêmement complexe : ici, on ne traitera que d'une forme intermédiaire de la productivité du travail agricole. Elle correspondra à la valeur de la production finale annuelle relativement au nombre de travailleurs occupés au sein des entreprises agricoles.

En se basant sur la valeur de la production agricole finale, calculée au niveau des prix pratiqués en 1936-1938, et sur les données des recensements généraux de la population et des professions les plus proches des années pour lesquelles on effectue le calcul, on constate qu'entre 1936-1938 et 1950-1952, la productivité moyenne annuelle par travailleur agricole est passée de 17.000 à 29.000 Fr. et qu'elle a atteint 30.000 Fr. en 1952-1954.

Dans chaque cas, le montant déterminé est inférieur à la réalité : en effet, en ce qui concerne le nombre de travailleurs (dénominateur de la fraction exprimant la productivité de la main-d'œuvre), on a repris les résultats des dénombrements de 1930 et 1947 : or, en 1936-1938, il y avait moins de travailleurs agricoles qu'en 1930 et, après 1947, l'agriculture a certes perdu de nombreux bras (1).

(1) Le Ministère du Travail et de la Prévoyance Sociale publie chaque année une estimation de la population active répartie selon diverses activités. Il range, malheureusement, dans une catégorie unique les travailleurs de l'agriculture (y compris l'horticulture), la sylviculture et la pêche.

Pour les dernières années, le nombre de ceux-ci aurait été (en milliers) : 1951 : 364,1 ; 1952 : 364,2 ; 1953 : 360,6 ; 1954 : 358,3 ; 1955 : 356,1 ; 1956 : 353,1.

Signalons qu'en 1947, la population active de ces secteurs était de 422.783 et la population agricole (et horticole) de 412.026 travailleurs.

Les indices de productivité de la main-d'œuvre agricole, établis par le Ministère de l'Agriculture, marquent une progression. Les voici :

Années	Indices
1910	100
1929	134
1936-1938 (moyenne)	179
1950	242
1951	250
1952	245
1953	259
1954	262

Au cours des temps, le rendement du travail presté par la classe agricole a augmenté. Une production brute finale croissante, due à l'augmentation des rendements des terres et des animaux, a été obtenue par l'action d'un effectif de travailleurs graduellement réduit. La densité de la population active agricole s'est transformée comme suit (1) :

1846 :	6	personnes pour 10 ha d'étendue cultivée	
1880 :	6	»	»
1895 :	6,3	»	»
1929 :	4,2	»	»
1950 :	3,5	»	»

(2)

L'évolution favorable de la production, rapportée au travailleur agricole, est due à l'usage rationnel qu'ont fait nos exploitants des ressources mises à leur disposition par le progrès de la technique. C'est celui-ci qui a permis un meilleur emploi des facteurs permanents de la production : la nature et le travail. Se concrétisant fréquemment sous la forme de capital — capital qui correspond principalement à de la main-d'œuvre indirecte —, il agit sur la productivité des autres éléments, notamment sur celle du travail humain.

Les causes de l'accroissement de la production brute finale ont été citées. On n'y reviendra pas. Signalons qu'on ne peut obtenir de hauts rendements au détriment de la qualité des denrées : cette dernière donne plus de valeur aux unités produites et les prix plus élevés correspondants, perçus par les cultivateurs, déterminent un relèvement de la productivité de leurs efforts.

Le recours aux coopératives de vente en commun influencent aussi favorablement les prix reçus par les agriculteurs : en conséquence, c'est

(1) Base : Recensements généraux de l'agriculture.

(2) Entre 1880 et 1895 : la crise agricole provoquée par l'arrivée massive de grains produits en Europe orientale et, d'une manière que d'aucuns ont, dans la suite, qualifiée de « minière », en Amérique, a résolu nos cultivateurs à se tourner de plus en plus vers les productions animales qui, parce qu'elles profitent moins des progrès de la technique, requièrent relativement plus de main-d'œuvre.

la rémunération de leur labeur, la productivité, exprimée en espèces, de leur travail qui en subit les conséquences.

La diminution de la main-d'œuvre agricole directe a été provoquée par le renforcement de la formation professionnelle, l'influence croissante que joue l'organisation scientifique du travail en vue de l'utilisation rationnelle des forces humaines, le recours de plus en plus grand à l'industrie pour la transformation de certains produits (lait), mais surtout, par l'intervention de la machine dans les tâches à réaliser.

On a calculé, en Amérique, le temps requis pour moissonner et battre, de diverses façons, le froment produit sur un acre (40 ares) : avec la faux et le fléau, c'est-à-dire suivant la méthode utilisée au cours du XIX^{me} siècle, 35 à 40 heures étaient nécessaires; avec une moissonneuse-lieuse et une batteuse fixe, il faut 5 à 6 heures; à l'aide d'une moissonneuse-batteuse, 45 minutes seulement.

La motorisation a accéléré l'exécution des tâches; elle a permis le recours à plus de machines qu'autrefois et celles-ci sont fréquemment plus perfectionnées. Elle est, à double titre, un facteur de réduction de l'emploi.

L'Office de Comptabilité de Soissons a conclu qu'en représentant, par l'indice 100, le nombre d'heures de travail nécessaire, en 1925, pour faire produire un ha, on arrive, sous l'influence du développement du parc des machines, aux chiffres suivants :

période 1927-1929 :	106
» 1936-1939 :	69
» 1942-1946 :	61.

En ce qui concerne la mécanisation agricole en Belgique, on a déjà cité des données numériques relatives aux instruments aratoires et les changements de la quantité de certaines autres machines susceptibles d'augmenter la productivité du travail des agriculteurs apparaissent ci-dessous (tableau 7).

TABLEAU 7

Evolution du parc de certaines machines agricoles en Belgique

Machines	1880	1895	1910	1929	1950	1955
Distributeurs d'engrais . .	—	576	2.766	11.792	26.133	
Faucheuses	422	703	12.640	51.022	94.762	
Faneuses	296	700	4.754	17.963	25.683	
Rateaux	1.300	2.073	6.494	19.000	32.720	
Moissonneuses	1.015	1.112	6.615	22.098	39.387	
Batteuses	555	6.930	23.484	33.016	39.884	
Trayeuses mécaniques . .				418	10.880	19.380
Ecrèmeuses		2.264	67.402	164.494	123.518	
Moteurs		676	4.495	8.603	136.674	
Tracteurs et motoculteurs .				1.373	10.884	24.500
Camions automobiles . .			197	1.409	1.386	

Outre cet aspect quantitatif de la révolution mécanicienne connue par notre agriculture depuis la fin du siècle dernier, il n'est pas vain d'en souligner, par des exemples, certains caractères qualitatifs.

Les machines actuelles sont, en général, bien plus efficaces que celles qui les ont précédées. Parmi les machines de moisson, dont le nombre est passé de 1.015 à 39.387 en soixante-dix ans, la javaleuse a cédé le pas à la moissonneuse-lieuse (dont 1.557 à tracteur, en 1950) et à la moissonneuse-batteuse (611, en 1950 : 856, en 1955) qui permet d'éliminer la batteuse mue, en 1880, seulement par des bras, des manèges, des roues hydrauliques ou des locomobiles.

En 1910, 1.172 moteurs agricoles étaient actionnés par les vents, 530 par l'eau, 925 par la vapeur : il n'y avait que 348 moteurs électriques et 1.056 à essence ou pétrole. En 1950, il existait 259 aéromoteurs, 625 turbines hydrauliques, 54 machines à vapeur, 128.348 moteurs électriques et 7.388 moteurs à explosion ou à combustion : sans oublier que les tracteurs agricoles sont munis d'une prise de force ! De plus grandes puissances se trouvent appliquées à un matériel possédant plus de capacité : on exécute les déplacements et les travaux avec plus de célérité.

La productivité globale

On pourrait la définir comme étant le rapport de la production à l'ensemble des facteurs qui ont contribué à l'obtenir. La production agricole résulte des effets combinés de différents facteurs interdépendants : la nature, le travail et le capital. On ne peut, répétons-le, dissocier l'influence des agents gratuits mis à la disposition des agriculteurs par la nature de celle des autres agents de production et, à défaut d'une commune mesure, il est impossible d'effectuer la sommation de ceux-ci.

La productivité globale dépend de l'efficacité de l'organisation des ressources de production : elle est influencée par les éléments de production gratuits mais inconstants de la nature et par le progrès technique : ce dernier détermine un accroissement de la productivité de tous les facteurs et donc de la productivité globale.

L'efficacité économique de l'activité agricole

Elle dépend de la rentabilité de la production et peut être exprimée par le rapport :

$$\frac{\text{Valeur de la production brute finale (rendement ou revenu brut)}}{\text{Coût de la production (1)}}$$

Si la production était exprimée en unités physiques, plutôt qu'en unités monétaires, ce rapport serait l'inverse du prix de revient de l'unité produite.

(1) Coût de production = frais de production + intérêt des capitaux investis (fermages éventuels compris).

SECONDE PARTIE

QUELQUES FAITS ECONOMIQUES ET SOCIAUX EN RELATION AVEC L'EVOLUTION DE LA PRODUCTIVITE

L'accroissement des rendements unitaires obtenus par notre agriculture détermine une amélioration de notre balance commerciale des produits de la terre ; bien que notre population ne cesse de croître et notre domaine cultivé de se réduire, notre agriculture a renforcé sa contribution à l'équilibre de notre balance des comptes ; en valeur, sa production a couvert 75,2 % de nos besoins en denrées agricoles, en 1936-1938, et 81,9 %, en 1953-1955.

En outre, les faits économiques ou sociaux suivants se trouvent, dans une certaine mesure, en relation avec l'évolution de la productivité.

1. — Evolution de la superficie des exploitations agricoles

TABLEAU 8

Classification des exploitations suivant leur grandeur (a)

Classes de grandeur des exploitations	1846		1895		1929		1950	
	Nom- bre	%	Nom- bre	%	Nom- bre	%	Nom- bre	%
Moins de 1 ha .	317.964	55,54	544.041	65,58	838.883	74,16	722.582	74,15
1 à — de 5 ha	165.933	28,98	191.833	23,12	194.914	17,23	147.599	15,15
5 à — de 10 ha	42.737	7,46	49.065	5,92	56.311	4,98	58.307	5,98
10 à — de 20 ha	26.585	4,64	28.151	3,39	27.882	2,47	32.489	3,33
20 à — de 30 ha	9.056	1,58	8.163	0,98	7.010	0,62	7.822	0,80
30 à — de 50 ha	5.942	1,04	4.788	0,58	3.656	0,32	3.632	0,37
50 ha et plus . .	4.333	0,76	3.584	0,43	2.490	0,22	2.096	0,22
	572.550	100,00	829.625	100,00	1.131.146	100,00	974.527	100,00

a) Source : Recensements généraux de l'agriculture.

Après 1929, le nombre des exploitations de moins de 5 ha a diminué. De 1846 à 1950, on a enregistré un accroissement de la quantité des exploitations de 5 à moins de 20 ha. A l'occasion du recensement de 1929, on a mis en lumière le nombre minimum des exploitations de 20 à moins de 30 ha. Enfin, le nombre des entreprises d'au moins 30 ha n'a cessé de diminuer.

La tendance générale de l'évolution de la superficie des exploitations est à double sens : concentration des petites exploitations amorcée

après 1929 et fractionnement séculaire des grandes exploitations. Il en résulte un renforcement quantitatif des exploitations moyennes.

Le morcellement des grandes exploitations trouve sa cause essentielle dans notre régime successoral, qui, inspiré du droit romain, prévoit le partage égal d'un patrimoine entre les héritiers de son possesseur.

A la disparition, depuis 1929, de certaines exploitations d'étendue réduite, il y a divers motifs. La crise ayant sévi de 1930 à 1935 a certes précipité la perte de plusieurs petits agriculteurs. L'examen des résultats des recensements successifs de 1880 et 1895 montre que pareil phénomène se manifesta déjà au cours de ce laps de temps, dont dix années furent marquées d'une dépression provoquée par l'arrivée de céréales provenant principalement d'Amérique : entre le premier et le second de ces dénombrements, 84.560 exploitations de moins de 5 ha furent éliminées. Pour s'assurer un pouvoir compétitif satisfaisant face à l'étranger, nos cultivateurs intensifièrent leur production et se livrèrent davantage à la transformation de denrées végétales en produits animaux : cette adaptation détermina une prospérité temporaire — d'ailleurs favorisée par la conjoncture mondiale — et une multiplication renouvelée des petites entreprises.

Une autre raison réside dans la faiblesse des petites exploitations en face de certaines formes du progrès de la technique. Sans doute, peuvent-elles, sensiblement aux mêmes prix que les grandes, acheter des engrais, des plants et semences sélectionnés, se procurer des animaux améliorés : le recours à ces agents de la production ne comporte, en effet, que des frais variables, proportionnels aux quantités utilisées : sans doute, bien qu'elles ne soient pas en mesure d'appliquer autant que les autres, l'organisation scientifique du travail, sont-elles mieux servies par leur main-d'œuvre familiale : sans doute, grâce notamment à l'intervention des pouvoirs publics, leur est-il loisible de se livrer à quelque amélioration foncière, de profiter des progrès de la science agronomique.

Placées, sous ces aspects, sur un pied de quasi-égalité avec des unités économiques plus amples, les petites entreprises agricoles sont marquées d'une infériorité dès qu'il s'agit d'appliquer des formes du progrès technique entraînant des frais fixes à côté de frais variables. Tel est le cas de l'emploi de la machine : par ha mis en valeur, les petites exploitations, surtout celles qui s'adonnent à la polyculture, ont de grands besoins en cheptel mort.

Selon le Secrétariat des Paysans Suisses, la valeur du matériel atteignait en moyenne par ha, au cours de la période de 1939-1944 (voir tableau, page suivante).

De son côté, la Station d'Economie rurale de Gand a estimé que, pour notre pays, le montant du cheptel mort était en moyenne de :

10.676 fr par ha, au cours de l'exercice comptable 1952-1953 (9.837 fr par ha, en 1953-1954), dans les exploitations de moins de 5 ha :

6.306 fr par ha, au cours de l'exercice comptable 1952-1953 (6.107 fr par ha, en 1953-1954), dans les exploitations de 40 ha et plus.

Classes de grandeur des exploitations	Francs suisses
De 3 à 5 ha	639
De 5 à 10 ha	544
De 10 à 15 ha	498
De 15 à 30 ha	481
De 30 ha et plus	329
Moyenne	486

Les charges fixes annuelles (intérêt, assurance, frais de remisage, et, dans une mesure moins absolue, amortissement, entretien et réparations) par ha cultivés sont de ce fait relativement plus élevées dans les petites exploitations ; elles grèvent considérablement le prix de revient des unités produites en quantité restreinte. Les recettes ne couvrent plus les coûts de production ; le revenu des agriculteurs se détériore ; il n'est plus comparable à celui des autres travailleurs, et, à la longue, cette insuffisance de rémunération provoque un transfert de profession (exode agricole) auquel se superpose fréquemment un transfert d'habitat (exode rural).

Dans les petites exploitations familiales, la main-d'œuvre est le plus souvent considérée comme un facteur fixe de la production ; son plein-emploi n'y est pas réalisé. A la suite d'une enquête, portant sur 780 exploitations réparties dans tout le pays, enquête menée en 1949, la Station d'Economie rurale de Gand a enregistré les résultats que voici :

pour les exploitations de moins de 5 ha, soumises à investigation, la main-d'œuvre disponible dépassait la main-d'œuvre requise pour l'accomplissement normal des travaux de 90 % ;

pour celles de 5 à moins de 10 ha, le surplus de main-d'œuvre atteignait 60 % ;

il était de 39 % pour celles de 10 à moins de 15 ha

et de 22 %, là où la superficie mise en valeur variait de 15 à 20 ha.

Bien que l'unité de travail retenue (un ouvrier adulte prestant 3.120 heures par an) paraisse actuellement excessive, l'enquête en question n'en a pas moins fait apparaître une situation regrettable, une cause de faiblesse inhérente à beaucoup de petites exploitations. De plus, en ces dernières années, le progrès a encore accru la surface économiquement optimale de l'entreprise à la mesure d'une famille.

*
**

Le phénomène de concentration, qui empreint l'économie industrielle moderne, ne se manifeste qu'avec lenteur dans notre secteur agricole ; encore n'atteint-il que les plus petites exploitations.

L'agriculture ne s'est pas mise à l'école de l'industrie et le regroupement des fermes, économiquement souhaitable mais peut-être socialement regrettable, dans la conjoncture actuelle, se trouve contrarié par divers faits :

- caractère parfois complémentaire, du point de vue revenu professionnel, de l'activité agricole ;
- crainte de chômage en cas de transfert vers une autre profession ;
- réadaptation professionnelle difficile et coûteuse pour l'individu comme pour la société ;
- attachement à la terre ancestrale et au milieu rural : le profit maximum n'est pas nécessairement source du plus de satisfaction ;
- conditions de vie plus agréables au sein des exploitations familiales ;
- intensification des cultures et de l'élevage grâce au recours à certaines formes du progrès technique et rationalisation éventuelle du mode de produire ;
- recours à l'action coopérative et emploi de matériel d'entrepreneurs privés ou de services officiels ;
- politique d'intervention des pouvoirs publics en faveur de secteurs agricoles ;
- structure des prix de revient : les prix de revient sont composés, en grande partie, de frais fixes que la plupart des cultivateurs négligent ; tant que la valeur vénale des produits couvre les éléments variables de leur coût, l'agriculteur continue à exploiter son domaine : il le fait d'autant plus longtemps que sa main-d'œuvre est familiale ;
- efforts faits par l'industrie pour fabriquer des machines adaptées aux exigences de la petite exploitation ;
- autoconsommation : elle est la plus accentuée au sein des petites entreprises : celles-ci se préoccupent surtout du rapport prix des produits-prix des matières premières de production car leurs excédents mis sur le marché ne sont pas fort importants ;
- espoir de disposer, un jour, de capitaux suffisants pour acquérir ou louer, et exploiter de nouvelles terres ; facilités de crédit ;
- etc...

II. — Exode agricole

Alors qu'entre 1856 et 1947, la population du Royaume a augmenté de 88 pour-cent et le nombre de personnes actives de 50 pour-cent, l'effectif des travailleurs agricoles et horticoles a diminué de près de 61 pour-cent.

En Belgique, la loi de la population agricole décroissante a concerné les chefs d'exploitation mais elle a surtout frappé le monde des aidants et la main-d'œuvre non familiale (tableau 9, p. 371).

Les recensements généraux de l'agriculture ont aussi mis en évidence la diminution du nombre de travailleurs étrangers à la famille des exploitants. En 1895, on a dénombré 187.106 domestiques à gages

TABLEAU 9

Répartition de la population active agricole et horticole, selon l'état des travailleurs
(Source : Recensements généraux de la population et des professions)

Années	1. Patrons		2. Aidants		3. Patrons et aidants		4. Ouvriers et employés		5. Travailleurs agric. et hortic. (3 + 4)	
	Nombre absolu	% de 5	Nombre absolu	% de 5	Nombre absolu	% de 5	Nombre absolu	% de 5	Nombre absolu	% de 5
1856 . . .					433.426	41,1	621.634	58,9	1.055.060	100,0
1880 . . .					480.181	59,5	327.283	40,5	807.464	100,0
1890 . . .					425.885	65,6	223.367	34,4	649.252	100,0
1900 . . .					449.902	64,5	247.470	35,5	697.372	100,0
1910 . . .	244.384	31,6	263.445	34,0	507.829	65,6	266.083	34,4	773.912	100,0
1920 . . .	251.902	41,7	132.798	22,0	384.700	63,7	219.699	36,3	604.399	100,0
1930 . . .	266.493	42,3	238.812	38,0	505.305	80,3	124.334	19,7	629.639	100,0
1947 . . .	229.970	55,8	131.581	31,9	361.551	87,7	50.475	12,3	412.026	100,0

et ouvriers journaliers permanents de ferme ; en 1929, il en restait 66.189 et, en 1950, 28.547.

Enfin, le nombre d'ouvriers agricoles assujettis à la sécurité sociale n'a pratiquement pas cessé de décroître au cours des dernières années, ce qui confirme l'accentuation du caractère familial de l'activité agricole.

On a relevé :

au 31-12-1947 :	24.347	assujettis	au 31-12-1951 :	18.877	assujettis
» 31-12-1948 :	21.902	»	» 31-12-1952 :	17.603	»
» 31-12-1949 :	22.126	»	» 31-12-1953 :	15.565	»
» 31-12-1950 :	20.161	»	» 31-12-1954 :	15.170	»

Le phénomène de la dépopulation agricole se manifeste dans tous les pays, à partir d'un certain stade de leur évolution et résulte du progrès technique. Considérant l'incidence de celui-ci sur les activités humaines, COLIN CLARK et ses disciples distinguent :

- le *secteur primaire*, à progrès technique moyen, dont font partie l'agriculture, l'élevage, la pêche, l'exploitation forestière et minière ;
- le *secteur secondaire*, à très grand progrès technique, qui comporte les activités relevant de la mise en œuvre ou de la transformation des matières premières (industries manufacturières, construction, production d'énergie) et les transports ;
- le *secteur tertiaire*, à progrès technique faible ou nul, réunissant le commerce, les services privés ou publics.

Deux faits fondamentaux caractérisent l'évolution économique contemporaine : l'augmentation de la production individuelle des travailleurs exerçant notamment des activités agricoles et industrielles et l'évolution des besoins humains.

L'amélioration de la productivité de la main-d'œuvre engendre une hausse des revenus qui, plus importante que celle des prix de la plupart des biens ou même parallèle à une baisse de certains d'entre eux, correspond à un relèvement des niveaux de vie. Corollairement, les besoins de l'homme croissent et se diversifient (passage de l'économie de nécessité à l'économie de désir).

Au fur et à mesure que le bien-être grandit, il ne faut pas à l'individu humain beaucoup plus de produits alimentaires (demande inélastique, surtout pour la nourriture courante) : par contre, il réclame davantage de luxe, de confort, de services. La structure des budgets ménagers se modifie. La consommation commande la production. Des migrations de travailleurs s'effectuent : elles permettent l'adaptation nécessaire de la production à l'utilisation et contribuent à l'élimination du chômage technologique ; la tendance générale de ces migrations est la suivante : passage du secteur primaire (notamment agricole) aux secteurs secondaire ou tertiaire et passage du secondaire au tertiaire.

En ce qui concerne la Belgique, il semble que l'on puisse signaler les résultats ci-après (tableaux 10 et 11) :

TABEAU 10. — Répartition de l'activité belge, à l'exclusion des personnes exerçant des professions insuffisamment déterminées, des ménagères et écoliers. (Source : Recensements généraux de la population et des professions)

	1910		1920		1930		1947	
	Population occupée	%	Population occupée	%	Population occupée	%	Population occupée	%
<i>Secteur primaire :</i> (agriculture, forêts, pêches, mines et carrières)	984.999	28,7	842.467	26,6	859.296	23,1	613.391	18,1
<i>Secteur secondaire :</i> (industries autres que mines et carrières, transports)	1.602.121 849.588	46,6 24,7	1.528.263 797.763	48,2 25,2	1.826.213 1.036.550	49,1 27,8	1.750.445 1.018.446	51,8 30,1
<i>Secteur tertiaire :</i> (solde)	3.436.708	100,0	3.168.493	100,0	3.722.059	100,0	3.382.282	100,0
<i>Total</i>								

TABLEAU 11. — Population totale du Royaume; population active totale; population active agricole et horticole
(Source : Recensements généraux de la population et des professions)

Année	1. Population du Royaume			2. Population active totale			3. Population active agricole et horticole			4. Population exerçant son activité en dehors de l'agriculture et l'horticult.				
	Nombre absolu	Indice 1856 = 100		Nombre absolu	Indice 1856 = 100	% de 1	Nombre absolu	Indice 1856 = 100	% de 1	% de 2	Nombre absolu	Indice 1856 = 100	% de 1	% de 2
1856	4.529.461	100,0		2.326.770	100	51,4	1.055.060	100,0	23,3	45,3	1.271.710	100,0	28,1	54,7
1880	5.520.009	121,9		2.760.191	118,6	50,0	807.464	76,5	14,6	29,3	1.952.727	153,6	35,4	70,7
1890	6.069.321	134,0		2.939.388	126,3	48,4	649.252	61,5	10,7	22,1	2.290.136	180,1	37,7	77,9
1900	6.693.548	147,8		3.300.149	141,8	49,3	697.372	66,1	10,4	21,1	2.602.777	204,7	38,9	78,9
1910	7.423.784	163,9		3.600.198	154,8	48,5	773.912	73,4	10,4	21,5	2.826.886	222,3	38,1	78,5
1920	7.465.782	164,8		3.311.493	142,3	44,4	604.399	57,4	8,1	18,3	2.707.094	212,9	36,3	81,7
1930	8.092.004	178,7		3.750.285	161,2	46,4	629.639	59,7	7,8	16,8	3.120.646	245,4	38,6	83,2
1947	8.512.195	187,9		3.481.027	149,6	40,9	412.026	39,1	4,8	11,8	3.069.001	241,3	36,1	88,2

III. — Augmentation des salaires agricoles nominaux et réels

L'accroissement de la productivité du travail doit normalement aboutir à un abaissement des prix de revient des produits, dont peuvent profiter les consommateurs et les producteurs. Le bénéfice qu'en retirent les ouvriers, qui participent à la production, se concrétise sous la forme d'une augmentation de leurs salaires.

Les salaires agricoles ont subi l'heureuse influence de l'accroissement de la productivité de la main-d'œuvre s'adonnant à la culture ou à l'élevage. En outre, par suite des possibilités de migrations professionnelles, ils se sont trouvés et apparaissent à la remorque des salaires du secteur secondaire, qui a le plus profité du progrès technique, et aussi, à partir d'un certain stade, des rémunérations du secteur tertiaire, celui des services, dont la demande croît au fur et à mesure que s'améliore le standard de vie des individus.

1° — Evolution des salaires nominaux

TABLEAU 12

Taux moyen des salaires journaliers des ouvriers non nourris

Années	Salaires Fr.	Salaires-or	
		Fr.	Indices (1830 = 100)
1830 (a)	1,08	1,08	100,0
1840 (a)	1,14	1,14	105,5
1846 (a)	1,18	1,18	109,2
1850 (a)	1,19	1,19	110,0
1856 (a)	1,36	1,36	125,9
1874 (a)	2,03	2,03	188,0
1880 (a)	2,04	2,04	188,9
1890 (a)	1,96	1,96	181,5
1913 (b)	2,50	2,50	231,5
1928-1937 (c)	26,10		
1938 (d)	26,97	2,80	259,2
1950 (a) :			
Eté	140,40	8,60	796,3
Hiver	112,15	7,49	693,5
1955 (a) :			
Eté	172,29	10,56	977,8
Hiver	150,35	9,22	853,7

(a) Annuaire statistique de la Belgique.

(b) Estimation du professeur Baudhuin.

(c) Estimation des ingénieurs agronomes de l'Etat.

(d) Montant cité par la Station d'Economie rurale de l'Etat, Gand.

Depuis l'indépendance de la Belgique, on a assisté à une hausse graduelle des salaires agricoles nominaux. Elle n'a été contrariée que par les crises qui frappèrent notre agriculture : de 1880 à 1890, par exemple, la baisse brutale des prix de produits agricoles entraîna celle des rémunérations de la main-d'œuvre.

La hausse a été spectaculaire après la dernière guerre ; il ne faut pas perdre de vue que notre pays, qui, avant 1940, se prévalait de son système de salaires bas, avantageux du point de vue de son pouvoir compétitif, sur le marché international des produits manufacturés entre autres, est devenu, du moins pour l'Europe, un pays à salaires élevés.

Notre agriculture n'a pas échappé à cette tendance ; certaines données du tableau 12 (p. 374) le démontrent et il n'est guère besoin, pour corroborer cette preuve, d'examiner les fluctuations de l'indice des salaires calculé par le Ministère de l'Agriculture : par rapport à 1936-1938, cet indice se situait aux niveaux 517,1, en 1951 et 558,6, en 1952 ; par référence aux années 1951 et 1952, il était de 116, en 1955.

2° — Evolution des salaires réels

A la hausse des salaires agricoles nominaux correspond une amélioration des salaires réels. Le pouvoir d'achat des ouvriers agricoles, lequel a été déterminé en tenant compte de l'indice des prix de détail, a évolué comme suit (tableau 13) :

TABLEAU 13

Evolution du pouvoir d'achat des salaires agricoles

Années	Indices (1913 = 100)
1846	50
1856	48
1874	74
1880	82
1895	99
1913	100
1938	140
1950	191
1955	211

(1) Il faut remarquer que l'index des prix de détail ne suit pas absolument les variations du coût de la vie ou du pouvoir d'achat des rémunérations ; sa valeur de représentation a d'ailleurs changé au cours des années. Le pouvoir d'achat de la monnaie ne varierait en raison inverse de l'indice des prix que si ce dernier était calculé d'après les prix de toutes les marchandises et de tous les services sans exception, en tenant compte de leur importance dans les budgets.

L'amélioration du niveau de vie des ouvriers agricoles paraît manifeste. Ajoutons que les salaires journaliers sont gagnés en moins de temps que jadis (les salaires horaires ont plus augmenté que les salaires journaliers), que le recours à nombre de machines a allégé les tâches : tout un genre de vie a subi des changements heureux, reflets du progrès social enregistré par l'agriculture ; ce dernier se révélera plus patent encore à l'évocation de la pratique sociale et familiale du salariat, laquelle s'est généralisée au cours des années sous forme d'assurances diverses (maladie, accident, chômage, invalidité, vieillesse, etc.) et de prestations familiales (allocations de naissance, familiales).

IV. — Evolution de la valeur de la terre

Diverses causes d'ordre général influencent la valeur réelle de la terre.

Certaines en provoquent *la hausse* :

- 1) amélioration de la rentabilité de l'agriculture : espoir d'une rentabilité à long terme et certitude qu'offre, en certains endroits, la production sylvicole ;
- 2) crainte de dévaluations monétaires ;
- 3) crise mobilière plus accentuée que la crise foncière ;
- 4) baisse du taux de l'argent ;
- 5) réduction des charges fiscales grevant le transfert de la propriété des terres ;
- 6) crainte de troubles sociaux ; menace de conflits armés entre les nations ;
- 7) développement d'un crédit hypothécaire certain, à long terme et à un taux normal ;
- 8) accroissement de la densité de la population agricole : le cultivateur a — soulignons-le encore — souvent une conception subjective de la rentabilité ; il a besoin de terre pour occuper le mieux possible la main-d'œuvre dont il dispose ;
- 9) augmentation de la population déterminant une augmentation des besoins en produits agricoles.

D'autres en déterminent *la baisse* :

- 1) crise agricole ;
- 2) diminution de revenu foncier (fermages « bloqués ») ;
- 3) difficulté de recruter de la main-d'œuvre ; augmentation des salaires ;
- 4) développement excessif pris par les valeurs mobilières dans les milieux ruraux ;
- 5) augmentation des charges fiscales grevant la propriété foncière et son transfert (impôt foncier, droits de mutation) ;

- 6) accentuation des avantages réservés aux exploitants locataires par le statut du fermage ;
- 7) importance croissante prise par le capital d'exploitation : le cultivateur utilise fréquemment son avoir disponible à l'achat de machines ;
- 8) exode agricole et exode rural ;
- 9) accroissement de la productivité des terres : dès que les hommes jouissent d'un certain standard de vie, leurs besoins en produits alimentaires se révèlent inélastiques (supra) ; la progression de la productivité des sols rend inutiles ceux de qualité inférieure ; elle élimine la rareté des terres cultivables et limite de plus en plus leur valeur.

Quel a été, en Belgique, le sens de la résultante de ces forces économiques opposées (tableau 14) :

TABLEAU 14

Valeur vénale des terres labourables et des prairies

Années	En francs de l'époque (1) (par ha.)	En francs-or		En fonction du pouvoir d'achat du fr. Indices approximatifs (1913=100)
		Valeurs absolues (par ha.)	Indices (1830=100)	
1830	2.153	2.153	100,0	
1835	2.354	2.354	109,3	65
1840	2.617	2.617	121,6	
1846	2.626	2.626	122,0	74
1850	2.715	2.715	126,1	82
1856	3.365	3.365	156,3	80
1860	3.997	3.997	185,6	107
1866	4.095	4.095	190,2	103
1880	4.202	4.202	195,2	113
1895 :				
terres sous labour	2.838	2.838	131,8	95
prairies	3.204	3.204	148,8	107
1913	3.750	3.750	174,2	100
1929				
terres sous labour	26.000	3.744	173,9	80
prairies	25.000	3.600	167,2	76
1935				
terres sous labour	22.600	2.350	109,2	92
prairies	20.800	2.163	100,5	85
1939	28.000	2.912	135,3	97
1952	70.000	4.291	199,3	62

(1) Source : Recensements de l'agriculture ou Baudhuin : Economique agraire (op. cit.).

La valeur vénale de la terre, exprimée en francs-or. a subi des mouvements dont la tendance a varié :

- de 1830 à 1880 : hausse de 95 % (due à l'accroissement de la demande de produits agricoles importés en petites quantités : par exemple, 80.000 tonnes de froment en 1866) ;
- de 1880 à 1895 : baisse d'environ 30 % par rapport à la valeur de 1880 (crise agricole provoquée par l'augmentation des importations de céréales en provenance de l'Amérique et de l'Europe orientale ; en 1880, le prix intérieur du quintal de froment atteignait 28,56 fr ; en 1895, 13,98 fr ; entre ces années, les importations de ce grain sont passées de quelque 400.000 à 1.031.000 tonnes) ;
- de 1895 à 1913 : augmentation d'environ 24 % (amélioration de la rentabilité de l'agriculture due à l'accroissement des rendements unitaires et au raffermissement des prix des produits) ;
- en 1929 : valeur sensiblement la même que celle de 1913 ;
- de 1929 à 1935 : baisse voisine de 39 % (crise très sévère) ;
- de 1935 à 1939 : hausse de la valeur (mouvement de reprise ; crainte d'un conflit armé) ;
- en 1952 : la valeur de la terre se situe à un niveau élevé, notamment par rapport à 1939 ; il en était encore de même en 1955 si, du moins, pour porter une appréciation, on se base sur les données de la statistique des mutations immobilières (vente publique) et sur l'évolution du taux des fermages.

*
**

Quant on exprime une valeur en francs-or, il ne faut cependant pas perdre de vue que le pouvoir d'achat de l'or fluctue : par exemple, en 1939, ce métal avait plutôt gagné de la valeur alors que depuis, il en a perdu une partie appréciable.

*
**

La valeur de la terre, exprimée en tenant compte de celui du pouvoir d'achat du franc, calculé en se référant à l'indice des prix de détail (1) a évolué comme il est mentionné ci-dessus (voir colonne 5 du tableau 14, p. 377).

- de 1835 à 1880 : la hausse de cette valeur n'est entrecoupée que de deux reculs légers se manifestant en 1856 et 1866, années durant lesquelles les prix de détail furent assez élevés (2) ;

(1) Voir note (1) page 375.

(2) Selon MICHOTTE, cité par NEIRYNCK dans son ouvrage : « De loonen in België sedert 1846 » (Standaard-Boekhandel, Bruxelles), page 175, l'index des prix de détail, calculé par rapport à la période de référence 1852-1854, a fluctué ainsi :

1846 : 98	1856 : 117	1895 : 83
1850 : 92	1860 : 104	1913 : 104
	1866 : 110	

TABLEAU 15
Les éléments constitutifs du capital agricole (1913-1939-1952)

	Valeur en milliards de francs (*)			Valeur relative : % du capital agricole			Coefficients d'augmentation de la valeur en francs		
	1913	1939	1952	1913	1939	1952	1913 = 1,00		
							1939	1952	1939 = 1,00
<i>Terre.</i>									
Valeur globale	7,5	57,0	126,0	75,00	78,62	63,00	7,60	16,80	2,21
Superficie exploitée (ha)	2.000.000	1.900.000	1.800.000						
Valeur moyenne (fr. par ha)	3.750	30.000	70.000						
Bâtiments	1,0	3,0	15,0	10,00	4,14	7,50	8,00	18,67	2,33
Terre et bâtiments	8,5	60,0	141,0	85,00	82,76	70,50	3,00	15,00	5,00
Capital d'exploitation	1,5	10,0 à 15,0 soit 12,5	59,0	15,00	17,24	29,50	7,06	16,59	2,35
							6,67 à 10,0 soit 8,33	39,33	3,93 à 5,90 soit 4,72
Capital agricole	10,0	7,00 à 7,50 soit 72,5	200,0	100,0	100,0	100,0	7,00 à 7,50 soit 7,25	20,00	2,66 à 2,86 soit 2,76

* Source : Beaudeau - Op. cit.

— de 1880 à 1952 : la tendance à la baisse, qui apparaît considérable, ne fut contrariée que lors de la crise de 1930-1935 et au cours des années de reprise qui suivirent.

Entre 1939 et 1952, la terre a subi une forte dévalorisation par rapport à certains biens de consommation. Elle a également perdu de la valeur comparativement aux produits vendus par le cultivateur.

Evolution du montant du capital-terre par rapport aux autres constituants du capital agricole : Par référence à 1913, la part de la terre dans le capital agricole s'est réduite : depuis 1939, cette réduction a été fort accentuée (tableau 15, p. 379).

V. — Modification de la structure des prix de revient des produits agricoles

L'examen des coefficients de pondération déterminés par le Ministère de l'Agriculture (1) (tableau 16), en vue du calcul de l'index des frais de production agricoles, permet de tirer quelques conclusions concernant la modification de la structure de ces frais au cours des dernières années.

TABLEAU 16

*Index des frais de production :
coefficients de pondération retenus par le Ministère de l'Agriculture*

Nature des dépenses	de 1929 à 1952 (%)	Depuis 1953	
		coefficient	Indices (1929 à 1952 = 100)
Fermages	16,7	11,8	70,7
Salaires	36,3	41,3	113,8
Engrais	9,9	10,5	106,1
Aliments pour le bétail .	17,3	17,5	101,2
Plants et semences . . .	2,0	3,0	150,0
Matériel	5,3	8,5	160,4
Impôts	3,0	1,2	40,0
Frais généraux	9,5	6,2	65,3
	100,0	100,0	

La part du fermage dans l'ensemble des frais de production s'est sensiblement réduite. Cette réduction est, en grande partie, attribuable

(1) Les coefficients de pondération ont d'abord été calculés à partir des données quantitatives (sauf en ce qui concerne la main-d'œuvre) du recensement général de l'agriculture de 1929 et des prix moyens de la période 1928-1937.

Depuis 1953, les coefficients retenus ont été déterminés en se basant sur les données du recensement de 1950 et les prix de la période triennale 1949-1951.

aux changements subis par le taux des fermages, qui auraient été moins accentués sans la pression de mesures législatives pourtant incomplètement opérantes.

Pour la période triennale 1949-1951, l'indice des fermages était de 262 par rapport à la période 1936-1938 (1) : l'index correspondant des frais de production était de 407,5. Il est évident que les variations de leur importance subies par d'autres constituants du capital circulant, ont entraîné une modification relative du coefficient attribué au loyer du capital foncier.

La proportion des frais de main-d'œuvre a crû par rapport à l'avant-guerre. La hausse du taux des salaires a été plus rapide que la diminution de l'effectif agricole.

L'exode des travailleurs de la terre, suscité par le désir d'une rémunération décente, a entraîné, à l'intérieur du milieu agricole, une augmentation des salaires. A un certain stade — fort rarement atteint, semble-t-il, en Belgique, jusqu'ici — il devient un facteur de baisse des fermages.

Le poste « engrais » est affecté d'un coefficient de pondération demeuré presque constant bien que l'agriculteur ait utilisé des doses croissantes de ces matières. Cela résulte de la hausse moins forte de leurs prix (en 1949-1951, indice: environ 257, par rapport à 1929-1937 et 262 par rapport à 1936-1938) que de ceux des autres éléments (indice des frais de production : 407,5, en 1949-1951, par rapport à 1936-1938).

Aliments pour le bétail : On n'enregistre ici qu'un changement minime.

Plants et semences : Un accroissement absolu et relatif des dépenses, qu'ils nécessitent, apparaît et, ceci, en dépit d'une hausse moins rapide de leur coût que du coût de la plupart des autres éléments. On découvre ici une manifestation de la volonté de nos cultivateurs d'intensifier leur production.

Matériel : Notre agriculture se mécanise, et elle le fait à grands frais car les prix des machines ont beaucoup augmenté par rapport à l'avant-guerre (indices 1936-1938 : 100 ; 1949 : 334,8 ; 1950 : 399,6 ; 1951 : 426,8 ; 1954 : 566).

Impôts : Leur hausse a été moins forte que celle de l'ensemble des frais d'exploitation.

Il en est de même des frais généraux, parmi lesquels, du reste, on classe plus ou moins de dépenses diverses.

En résumé, on remarque que, dans les facteurs de production, la part du capital foncier se réduit ; la terre est exploitée de plus en plus intensivement, c'est-à-dire que des avances de plus en plus fortes

(1) Par référence à la période 1928-1937, cet indice eût été plus bas encore. En 1936-1938, le taux moyen des fermages était de 661,30 fr par ha ; en 1928-1931, il était plus élevé : 681,— fr.

lui sont confiées : le cheptel mort (main-d'œuvre indirecte) se substitue au travail et la hausse des salaires n'est pas compensée par la réduction de l'effectif des travailleurs.

VI. — Evolution du rapport des prix des produits agricoles

Les phénomènes relatifs aux prix sont extrêmement complexes, particulièrement quand ils concernent les produits de l'agriculture.

Dans le secteur agricole, le volume de l'offre est difficilement maîtrisable (1). Son irrégularité est corrigée par l'extension géographique des marchés et l'étalement de l'offre dans le temps. La production agricole est une fonction assez inerte : elle ne s'aligne qu'avec retard sur les nécessités : les facteurs de production sont limités et les traditions des cultivateurs difficiles à changer.

A court terme, la demande correspondant à des besoins alimentaires est fort inélastique ; ce n'est qu'à la longue qu'elle évolue.

La demande de matières premières agricoles pour l'industrie est, en général, relativement variable quant à son volume : avec le temps, sa nature se modifie (2).

Dans notre pays, on a enregistré une évolution des prix de certains produits agricoles, les uns par rapport aux autres, dont voici des exemples (tableau 17, p. 383).

(1) On peut citer diverses causes de la difficulté de maîtriser l'offre agricole : impossibilité quasi générale d'accélérer ou de ralentir le cycle de l'être vivant — impossibilité, pour une période courte et un espace limité, de prévoir les quantités produites, surtout le volume des récoltes — utilité de respecter les lois de la rotation culturale — attachement des agriculteurs aux procédés traditionnels de produire et leur individualisme périmé — difficulté d'exporter les surplus ou d'imposer le contrôle des importations — complexité du stockage, du report, ou de la conservation de certains produits — etc...

(2) La demande de produits agricoles, à un certain moment, est influencée par des facteurs de nature diverse :

facteurs physiologiques : besoins individuels (climat, genre d'activité, âge, état de santé, etc.) ; nombre d'individus ;

facteurs économiques : importance des revenus, débouchés industriels, débouchés étrangers — possibilité d'emplois multiples — possibilité ou non de substitution de produits — fixation d'un certain pourcentage d'emploi de la production indigène (incorporation du froment dans la mouture) — stocks obligatoires (froment par les meuniers) — stockage des marchandises rares — etc. ;

facteurs sociaux : répartition des revenus, pouvoir d'achat des masses — menaces de conflits armés — etc. ;

facteurs psychologiques : goût des acheteurs (coutumes, désir d'imitation, ostentation) — publicité en faveur d'un produit — volonté de l'acheteur de comprimer ses dépenses — influence des stocks éventuels — etc.

Il existe une hiérarchie dans les besoins en denrées agricoles : sont d'abord satisfaits, les besoins vitaux (se nourrir) ; les besoins d'agrément (primeurs, fruits, tabacs, fleurs) sont plus élastiques ; la demande de matières premières pour l'industrie est, en général, relativement mobile.

TABLEAU 17
Evolution des prix de certains produits

	Froment		Pomme de terre		Beurre		Bœuf sur pied	
	Fr. par quintal	Indice	Fr. par quintal	Indice	Fr. par kilo	Indice	Fr. par kilo	Indice
1860 ..	31,15	1,00	8,89	1,00	2,13	1,00	0,69 (a)	1,00
1870 ..	29,34	0,94	8,47	0,95	2,97	1,39	0,78 (a)	1,13
1880 ..	28,56	0,92	10,34	1,16	3,22	1,51	0,92 (a)	1,33
1890 ..	19,74	0,63	6,35	0,71	2,45	1,15	0,94 (a)	1,36
1900 ..	16,25	0,52	5,81	0,65	2,77	1,30	0,83 (a)	1,20
1910 ..	19,71	0,63	8,03	0,90	3,03	1,42	0,83 (a)	1,20
1920 ..	66,67	2,14	34,94	3,93	14,84	6,97		
1930 ..	127,87	4,10	47,73	5,37	25,94	12,18	4,60 (b)	6,67
1939 ..	120,80	3,88	31,73	3,60	20,85	9,79		
1955 ..	453,70	14,56	88,80*	9,99	81,20	38,12	23,70 (c)	34,35

(a) Moyenne arithmétique des prix enregistrés aux chefs-lieux des neuf provinces (donnée fort imparfaite).

(c) Mercuriale agricole (cours du marché d'Anderlecht).

(c) Mercuriale agricole.

* Récolte abondante.

Actuellement, une quantité moindre que jadis de beurre ou de viande bovine — et, d'une façon générale, de produits animaux — correspond à un quintal de froment, de pommes de terre ou d'un produit végétal agricole.

A long terme, les coûts de production (1) — et, assez parallèlement, les prix — des produits animaux, bien que partiellement solidaires de ceux de certains produits végétaux, n'ont pas autant que ces derniers subi l'influence du progrès technique : la révolution agricole a, on l'a dit déjà, davantage marqué la culture que l'élevage.

Diverses circonstances particulières ont eu ou ont une incidence sur nos prix agricoles. Dégageons-en certaines parmi celles qui influencent les prix relatifs.

L'indice du prix de la pomme de terre devrait dépasser celui du froment, depuis que la culture de ce dernier, dans une mesure plus large que la culture des plantes tuberculifères, a profité du progrès technique. Tel est fréquemment le cas ; pourtant, il arrive que la règle soit infirmée : en Belgique, pour une année donnée, le prix de la pomme de terre se trouve en effet, fortement sous la dépendance du volume de la production indigène, laquelle est soumise à divers aléas (climat, para-

(1) Le prix d'un produit agricole est un prix de marché ; il dépend de la demande et de l'offre ; ce n'est qu'à long terme que l'action du coût se manifeste et, encore, n'apparaît-elle pas primordiale.

cf. notamment, Milhau : *Traité d'Economie rurale* - Presses universitaires de France, Paris 1954.

sites). La pomme de terre paraît d'ailleurs moins assujettie à la concurrence étrangère que les céréales qui, jusqu'ici, ont été davantage produites selon le mode industriel.

En ce qui concerne la pomme de terre, signalons ainsi qu'à une production nationale fluctuante, se superposent chez nous des besoins humains qui vont diminuant. L'évolution des revenus des consommateurs commande celle de leurs exigences alimentaires. La société, dont le standard de vie s'améliore, se nourrit de plus de produits nobles (viande, lait et dérivés, œufs, fruits) et ceci, au détriment des pommes de terre d'abord, du pain ensuite. Ces variations au sein de la demande constituent évidemment un facteur de modification des prix.

Dans une économie nationale en relation avec les marchés extérieurs, les prix sont influencés par les cours mondiaux. Cependant, l'action de ceux-ci est plus ou moins sensible selon la politique pratiquée en matière de commerce international.

Si de 1860, qui vit le triomphe du courant manchestérien, à la crise ayant sévi vers 1930, notre pays resta fidèle au libre-échange, à partir de 1933 par contre, un système de mesures de protection de l'agriculture nationale fut mis sur pied.

La politique douanière de sauvegarde a varié selon les produits : encore ne les a-t-elle pas atteints tous : il en a résulté une transformation des rapports des prix.

La politique d'exportation (primes à la vente de certains produits — tarifs de transport de faveur) des pays étrangers peut avoir une influence comparable.

Une politique agricole (1), exerçant une discrimination entre les produits, a également pareil effet. Considérons quelques aspects de celle pratiquée actuellement.

Le prix du blé est fixé par le Gouvernement : l'incorporation obligatoire par les meuniers de la récolte indigène dans la mouture et parfois le stockage de certaines quantités de cette céréale, auquel l'industrie est contrainte, déterminent le respect de l'échelle des prix mensuels arrêtée préalablement. Grâce à ces mesures, la culture du froment est devenue une des plus intéressantes.

Pour la betterave sucrière, le prix est convenu entre les délégués des cultivateurs et les fabricants de sucre : il est basé sur le prix du sucre, compte tenu des exportations (volume et prix) et de la consom-

(1) Actuellement, notre politique en matière de prix de produits agricoles ou horticoles (froment, chicorée à café, lait, beurre, viande porcine fraîche, œufs, certains fruits et légumes) consiste en la fixation de prix de direction axés sur les coûts de production.

(2) L'accord international sur le sucre (de même que celui sur le blé) vise à stabiliser le marché mondial de ce produit. Ses promoteurs désiraient garantir aux pays exportateurs des débouchés et aux pays importateurs des approvisionnements à des prix normaux. Sans lui, la production du sucre serait anarchique et le sucre de canne, produit à bon compte, submergerait le marché. Il faut d'ailleurs noter que, la concurrence de la canne à sucre a influencé vers la baisse le prix de la betterave sucrière.

mation intérieure (idem). Le prix sur le marché intérieur est celui enregistré sur la bourse d'Anvers ; il est influencé par l'application d'un droit de douane (3 Fr. par kg).

A partir d'avril 1957, le prix « plancher » pour le sucre, qui, depuis mai 1955, était de 8,20 Fr. par kg c.i.f. Anvers, a été porté à 9,07 Fr. Tant que le prix n'atteint pas ce niveau, aucune licence d'importation n'est accordée.

Pour les pommes de terre de consommation autres que nouvelles, on a fixé des prix de direction qui impliquent le respect de prix minima à l'importation (1).

Il en est de même pour les pommes de terre nouvelles, certains légumes et fruits (tomates, oignons, choux-fleurs, choux rouges et blancs, carottes, salades pommées, haricots frais, pois frais, raisins frais, pommes, poires, prunes et fraises) venant des Pays-Bas et dont l'importation d'autres provenances peut être interrompue à des dates variables suivant l'état de la production indigène et du marché intérieur (calendrier horticole).

Le régime des prix minima s'applique également au lait en nature, à la crème de lait, au beurre et au lait évaporé non sucré. Le prix de direction du lait repose sur le prix de direction du beurre.

Pour assurer la rentabilité du secteur de la production de viande bovine, nos dirigeants pratiquent une politique basée sur un prix de référence, qui couvre en moyenne le coût de production des animaux, et sur une série de prix « plancher » et de prix « plafond » déterminés par catégorie d'animaux (vaches, taureaux, bœufs, génisses), en tenant compte du rendement moyen à l'abattage. Pour faire respecter ces prix extrêmes, on suit différentes voies. En cas de faiblesse du marché, on agit sur la demande (achats par l'Office Commercial du Ravitaillement : O.C.R.A., en vue de couvrir les besoins de l'armée ou de stocker; encouragement à l'exportation). Dans le cas inverse, on tente de modifier l'offre (importation, liquidation de stocks, limitation de l'exportation).

En ce qui concerne les œufs, on fixe des prix de direction mensuels que l'on tente de faire respecter par l'application de prix minima à l'importation. Toutefois, quand la production indigène est pléthorique, le cours intérieur est fort influencé par les prix obtenus à l'exportation.

Le Fonds agricole, créé par la loi du 29 juillet 1955, paraît appelé à devenir un instrument essentiel de la politique agricole et notamment de la politique des prix des produits. Par son intermédiaire, on pourra influencer les prix obtenus par l'agriculteur (subsides accordés au stockage, à la transformation ou à l'écoulement des produits).

Comme facteurs modifiant les prix relatifs, on pourrait encore citer l'incidence variable des frais de transport rapportés à l'unité de poids des divers produits, la plus ou moins grande facilité d'amener de pays lointains les divers produits agricoles (action sur l'offre).

(1) Entre les pays de Benelux, comme contre-partie du régime des prix minima, il est accordé un régime de préférence aux partenaires sur le marché importateur.

Il faut aussi signaler que la conjoncture influence différemment la culture et l'élevage. Lors de la grande crise de la fin du siècle passé, les mouvements des prix des produits animaux apparurent freinés par rapport à ceux des produits végétaux (voir tableau 17, p. 383). Vers 1930, la dépression économique atteignit, en général, moins violemment les premiers que les seconds. Les indices de groupe ci-après en apportent la preuve (1936 = 100).

	Produits végétaux	Produits animaux
1929	151,1	169,4
1930	115,0	148,9
1931	108,4	117,1
1932	88,4	97,1
1933	60,6	98,4

*
**

La première partie de cette étude a montré l'accroissement graduel de la productivité de l'agriculture belge.

Dans des conditions données, il existe une limite économique à la productivité agricole car, dans le secteur d'activité, qui retient notre attention, la loi des rendements décroissants s'affirme nettement : par ailleurs, il faut organiser l'ensemble de l'économie de manière à créer le plus de satisfactions possible et à libérer au maximum l'individu humain.

Dans la seconde partie, on a abordé l'examen de faits économiques et sociaux dont on a pensé que l'évolution est liée, dans une mesure plus ou moins prononcée, à celle de la productivité.

On a notamment fait pressentir l'importance du problème de la répartition des richesses créées par la culture et l'élevage.

Au cours des années, nos agriculteurs ont montré une capacité d'adaptation convenable aux conditions qui leur étaient faites. Quand le progrès a permis une augmentation générale de la production et le perfectionnement des transports, perfectionnement qui a affaibli la protection naturelle que représente la distance, ils ont modifié l'orientation de leur exploitation et intensifié leur production.

Actuellement, c'est à l'abri d'une certaine protection économique, que notre agriculture doit vivre une reconversion, reconversion indispensable au moment où l'intégration des marchés tend à conduire à la formation de « blocs » groupant plusieurs Etats et quand, parallèlement, semble devoir triompher un système intermédiaire entre celui de l'économie nationale et celui de l'économie cosmopolite.

Evolution récente de l'économie agricole belge (*)

par

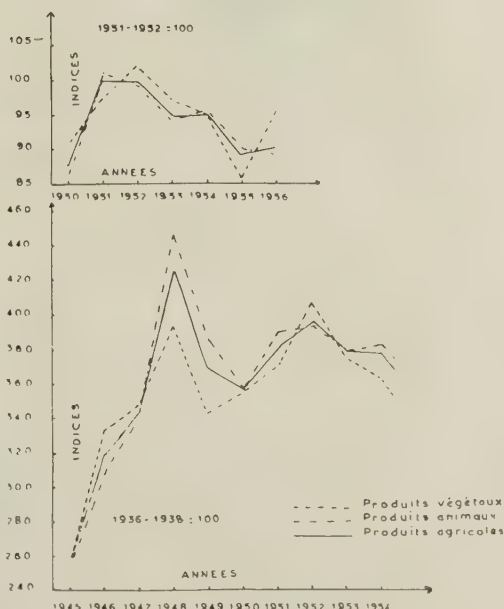
Albert LEDENT

A. — RENDEMENT BRUT DE L'AGRICULTURE ET DE L'HORTICULTURE

Au cours de la période 1945-1956, les indices de la valeur de notre production agricole et horticole finale ont évolué comme suit (tableau 1, p. 388).

On découvre la progression quasi continue de la valeur de la production agricole.

Cette progression a surtout été troublée par les mouvements des prix. Alors que le niveau de ces derniers l'amplifiait, notamment en 1948 (année où l'on remit la plupart des produits agricoles sous le régime des prix normaux), il l'amoindrisait en 1955, par exemple (voir les graphiques 1).



GRAPHIQUES 1

Evolution des indices des prix des produits agricoles

(*) Déposé à la rédaction le 12 août 1957.

TABLEAU 1
Evolution des indices de la valeur de la production agricole et horticole finale (1)

1936-1938 = 100											
	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955
Production agricole :											
Production végétale (a) . . .	177	281	239	278	390	390	411	434	414	382	438
Production animale (b) . . .	158	218	255	392	364	376	423	425	418	451	434
Production agricole	163	233	251	366	370	379	420	427	431	436	435
Production horticole		337	452	306	415	362	347	375	397	410	456
Production agricole et horticole		251	285	355	378	376	408	418	425	432	439
1951-1952 = 100											
	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956			
Production agricole :											
Production végétale (a)	92	92	97	103	92	92	104	101			
Production animale (b)	86	89	100	101	103	107	103	105			
Production agricole	88	90	99	101	101	103	103	104			
Production horticole	114	99	95	103	109	112	125	138			
Production agricole et horticole	91	91	99	101	103	105	106	109			

a) Pour les productions végétales, c'est l'année agricole qui a été adoptée comme base.

b) Pour les années 1945, 1946 et 1947, le Ministère de l'Agriculture n'a pas tenu compte, dans le calcul de la valeur des productions animales, des variations de valeur du cheptel, bien que l'accroissement ou la diminution des effectifs de ce dernier soit en relation avec l'activité productrice de l'agriculture.

(1) Les indices figurants au tableau 1 ont été établis à partir de données fournies par le Ministère de l'Agriculture (Revue de l'Agriculture). Cependant, dans la suite, on se référera, en ce qui concerne les revenus et les dépenses de production, aux données déterminées par la Commission du Revenu National, remplacée, en vertu de l'arrêté royal du 19.9.56, par la Commission chargée d'établir la Comptabilité nationale de la Belgique. Les travaux, auxquels on se rapportera, ont fait l'objet de diverses publications réalisées par l'Institut National de Statistique (Bruxelles).

Des causes fortuites influent, d'autre part, sur la production végétale et parfois sur le moment de vente, donc de réalisation de certains animaux, entre autres des bovidés à l'engrais.

En 1947, la sécheresse a nui à la plupart des cultures ; elle a cependant nettement favorisé la production des fruits. En même temps, elle a entraîné la liquidation précoce d'une partie du cheptel bovin par suite de la pénurie de fourrage qu'elle a déterminée.

En 1955, il est évident que les conditions climatiques ont favorisé l'obtention de rendements cultureux fort élevés.

Le tableau 2 (p. 390) indique également l'évolution de la valeur de la production agricole et horticole finale, telle qu'elle a été calculée par la Commission du Revenu national.

La valeur de la production agricole finale a eu tendance à croître annuellement de 2 % environ de la valeur moyenne annuelle de la production au cours de la période 1948-1956.

Quant à la valeur de la production horticole, elle a augmenté, en moyenne, de 4,70 % chaque campagne.

Globalement, la valeur de la production agricole et horticole finale a eu tendance à hausser de près de 2,50 % chaque année, au cours de la période envisagée.

Evolution des prix des produits agricoles (1)

On se réfère au tableau 3 (p. 391), dont les données sont reportées sur les graphiques 1 (au nombre de deux car, en 1955, le Ministère de l'Agriculture a modifié la période de référence des indices qu'il détermine).

Produits agricoles

On note :

- 1) *de 1945 à 1948* : une hausse constante des prix pourtant contrôlés. Le maximum se situe en 1948, année de l'abandon presque complet du régime des prix officiels.

Ces années de l'après-guerre sont caractérisées par la pénurie des biens de consommation. Pour couvrir la demande exaspérée par les privations vécues durant les hostilités, le marché alimentaire national paraît mal fourni. L'accroissement des rémunérations renforce encore le désir de satisfaire des besoins trop longtemps jugulés. La cherté se substitue à la « disette », sinon à la « famine », vaincue de fraîche date. La demande des produits agricoles paraît plus élastique que l'offre ; une poussée inflationniste se manifeste.

(1) Il ne sera pas question des prix des produits horticoles pour lesquels il n'est, jusqu'ici, calculé aucun indice de groupe, ni même aucun indice particulier annuel.

TABLEAU 2
Evolution de la valeur de la production agricole et horticole finale
1.000.000 Fr.

	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956
Produits agricoles :									
Produits végétaux	6.985,4	8.193,1	8.063,5	8.490,4	8.962,0	8.555,3	7.992,0	9.137	8.819
Produits animaux (a)	28.139,8	24.883,8	25.767,7	28.765,2	29.065,4	29.857,9	30.837,3	29.688	30.539
Total	35.125,2	33.076,9	33.831,2	37.255,6	38.027,4	38.413,2	38.829,3	38.825	39.358
Produits horticoles	5.771,0	6.795,4	6.760,6	6.479,2	6.843,5	7.231,9	7.472,4	8.318	9.180
Produits agricoles et horticoles .	40.906,2	39.872,3	40.591,8	43.734,8	44.870,9	45.645,1	46.301,7	47.143	48.538

Indices : 1951-1952 = 100

	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956
Produits agricoles :									
Produits végétaux	80	94	92	97	103	98	92	105	101
Produits animaux (a)	97	86	89	99	101	103	107	103	106
Total	93	88	90	99	101	102	103	103	105
Produits horticoles	87	102	101	97	103	109	112	125	138
Produits agricoles et horticoles .	92	90	92	99	101	103	105	106	110

(a) Y compris les variations du cheptel.

TABLEAU 3
Indices des prix des produits agricoles (a)

Années	Produits végétaux	Produits animaux	Produits agricoles
1936-1938	100,0	100,0	100,0
1945	256,1	258,2	257,3
1946	333,2	309,7	319,4
1947	346,9	339,2	342,4
1948	394,9	447,3	425,8
1949	343,6	387,7	369,5
1950	354,0	358,7	356,7
1951	370,5	389,9	381,9
1952	407,0	393,4	396,5
1953	375,2	379,9	378,8
1954	362,4	381,9	377,5
1951-1952	100,0	100,0	100,0
1950	90,8	86,7	87,6
1951	97,8	100,7	100,1
1952	102,1	99,3	99,9
1953	97,1	94,2	94,8
1954	95,0	95,6	95,5
1955	85,8	90,2	89,2
1956	95,6	89,1	90,5

(a) Source : Ministère de l'Agriculture.

- 2) *en 1949 et 1950* : les prix sont à la baisse. Cette orientation prise, dès la fin de 1948, est particulièrement sensible au cours de 1949 ; la récolte nationale est, cette année, généralement abondante ; cependant, la sécheresse estivale entraîne la vente hâtive de bovins, privés d'herbage, et une baisse de leur prix ; le marché mondial offre des possibilités redevenues normales d'approvisionnement. Par suite d'une dévaluation monétaire plus forte chez eux qu'en Belgique, certains pays voisins peuvent davantage qu'auparavant porter la concurrence à l'intérieur de nos frontières.
- 3) *en 1951 et 1952* : la tendance des prix est à la hausse. A partir de 1950, l'index reflète une hausse des prix agricoles. Celle-ci est due à l'accroissement de la demande de l'Europe occidentale en céréales fourragères mais elle est surtout une conséquence du conflit de Corée, déclenché le 24 juin. Ce dernier détermine une grande panique et les gouvernements, ainsi que les individus, constituent des stocks alimentaires.
- 4) *A partir de 1953* : la baisse des prix agricoles débute dès le second semestre de 1952 avec l'amélioration de la situation internationale, qui entraîne une diminution des prix des matières premières. Elle se poursuit depuis, bien qu'en 1956, une légère hausse se produise.

Prix des produits végétaux et prix des produits animaux

En 1945, l'indice de groupe moyen des prix des produits animaux payés aux cultivateurs surpasse légèrement celui des prix des produits végétaux.

Après cette année, et jusqu'en 1948, cette tendance se renverse à cause de la pénurie relative en produits végétaux mais particulièrement en céréales ; cette dernière a d'ailleurs comme conséquence de freiner l'expansion de la production animale.

Jusqu'en 1948, des réglementations contribuent à contrarier l'évolution normale des rapports des prix.

Dès que la liberté économique renaît, l'indice des prix des produits animaux reprend le dessus. La capacité de production recouvrée, liée à une productivité plus élastique des cultures que de l'élevage, l'accroissement du standard de vie de certaines populations — cause d'une modification de leur régime alimentaire orienté de plus en plus vers la consommation de produits « nobles », parmi lesquels ceux d'origine animale occupe une place prépondérante — favorisent l'évolution précitée des prix.

Au cours des trois derniers mois de 1951, l'indice général des prix des produits végétaux surpasse celui des prix des produits animaux (pénurie relative de produits végétaux, notamment de céréales et de certaines matières premières agricoles à destination industrielle). En 1952, il en est de même, sauf en juin, juillet et août.

Ce n'est qu'après la liquidation de la guerre de Corée que la situation se normalise et que la tendance habituelle de l'évolution des prix paraît se rétablir.

La valeur à prix constants de la production agricole et horticole

Le Ministère de l'Agriculture a déterminé, d'abord par rapport à 1936-1938, le rendement brut à prix constants des productions de l'agriculture et de l'horticulture.

Dans la suite, il a réalisé un calcul similaire par référence aux années 1951 et 1952.

Les indices correspondants figurent au tableau 4 (p. 393).

La production agricole finale retrouve le même niveau qu'avant la guerre au cours de la campagne 1949-1950. A partir de 1949, et jusqu'en 1955, elle a eu tendance à augmenter chaque année d'un peu plus de 3 % par rapport à la production moyenne annuelle de la période 1949-1955. Depuis lors, le volume de la production animale ne cesse pratiquement pas de monter. Celui de la production végétale suit une courbe généralement ascendante, seulement entrecoupée, durant l'une ou l'autre campagne, à cause des circonstances climatiques défavorables.

TABLEAU 4

*Indices de rendement brut agricole et horticole à prix constant
ou indices du volume de la production finale*

	1936-1938 = 100						
	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954
<i>Agriculture :</i>							
Produits végétaux	70	114	110	111	107	110	107
Produits animaux	94	94	105	110	108	115	118
Produits agricoles	88	98	106	110	108	114	115
Produits horticoles		134	129	128	138	133	118
Produits agricoles et horti- coles		104	110	113	113	117	116
	1951-1952 = 100						
	1952	1953	1954	1955	1956		
<i>Agriculture :</i>							
Produits végétaux	110,6	100,6	96,3	120,7	105,7		
Produits animaux	101,2	109,6	111,6	113,8	118,1		
Produits agricoles	101,1	107,6	108,1	115,4	115,2		
Produits horticoles	100,6	111,8	118,1	145,4	144,2		
Produits agricoles et horti- coles	101,0	108,2	109,6	119,9	119,5		

En ce qui concerne le secteur horticole, les progrès qu'il a réalisés paraissent remarquables.

B. — LES DEPENSES DE PRODUCTION

La Commission du Revenu national range parmi les dépenses de production :

les fermages (même, et par assimilation, pour les biens fonciers mis en valeur par leurs propriétaires) ;

les salaires ainsi que les charges sociales patronales ;

les engrais ;

les aliments pour le bétail (aliments importés, aliments produits par certains de nos cultivateurs et vendus à d'autres, sous-produits d'activités non agricoles) ;

les plants et semences (importation + production indigène $\times$ différence entre le prix payé par l'utilisateur et celui reçu par le producteur) ;

l'intérêt payé sur le capital d'exploitation emprunté ;

les taxes et impôts (impôts indirects) ;

l'amortissement (matériel, machines, améliorations foncières) ;

les frais généraux.

De 1948 à 1956, les dépenses totales de production (agriculture et horticulture) ont varié comme ci-après :

	1.000.000 Fr.	Indice 1951-1952 = 100)
1948	19 028,3	80,5
1949	20 332,4	86,0
1950	21.350,1	90,3
1951	22.564,6	95,5
1952	24.700,7	104,5
1953	23.877 1	101,0
1954	25.176,3	106,5
1955	25.928 0	109,7
1956	28.136 0	119,1

On constate que ces dépenses ont haussé d'une manière permanente, sauf en 1953, année où elles ont diminué (1).

Les causes de cette orientation générale sont les suivantes :

1) Accroissement de certains prix unitaires :

les fermages n'ont cessé de hausser au cours de l'après-guerre, en dépit de la mesure de « bloquage » dont ils ont fait l'objet ;

les salaires ont augmenté dans de fortes proportions : depuis août 1951, ils sont d'ailleurs rattachés à l'index des prix de détail et, en 1954, un régime de faveur a été accordé aux ouvriers agricoles spécialisés : quant à la cotisation patronale à l'Office national de Sécurité sociale, elle a été réajustée à diverses reprises (augmentation du salaire forfaitaire de base de la contribution ou du taux de celle-ci) :

(1) En 1953, la dépense en aliments pour le bétail se monte à 6.714.300.000 F contre 8.110.800.000 F, en 1952. C'est là que réside la raison essentielle de la diminution des dépenses d'exploitation, en 1953. Si l'on étudie la cause essentielle de la diminution de la dépense d'alimentation, on constate qu'elle est double :

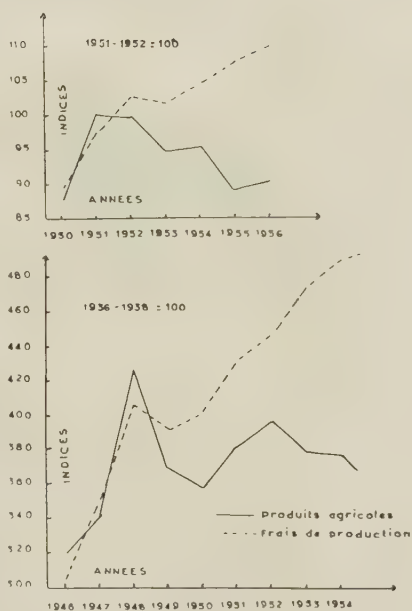
- a) baisse du prix des aliments (diminution réelle) ;
- b) liquidation de stocks (diminution apparente).

TABLEAU 5
Indices des frais de production (a)

1936-1938	100	1951-1952	100
1946	301,1	1950	89,3
1947	347,8	1951	97,2
1948	406,1	1952	102,8
1949	390,4	1953	101,9
1950	400,1	1954	104,6
1951	431,9	1955	107,6
1952	447,4	1956	110,0
1953	473,0		
1954	488,3		

- le prix du matériel agricole est lié à celui de l'acier, du charbon et de la main-d'œuvre ;
- les frais généraux évoluent assez parallèlement à l'index des prix de détail.

Après 1949, la tendance de l'index de groupe « frais de production », calculé par le Ministère de l'Agriculture, est à la hausse (tableau 5 ci-dessus et graphiques 2). Le niveau relativement bas des prix des engrais par rapport à l'avant-guerre, celui variable (du moins après leur libération, en 1948 (1) ou 1949 (2)), au gré des conditions du marché mondial et des frets, des aliments pour le bétail (3), ainsi que celui de la taxe de transmission proportionnelle aux prix des matières premières utilisées par l'agriculture, ne peuvent que plus ou moins contrarier la tendance mentionnée.



GRAPHIQUES 2
Evolution des indices des prix des produits agricoles et des frais de production

(1) céréales fourragères.

(2) tourteaux.

(3) Il n'y a qu'en 1948 (suppression des subventions sur les denrées fourragères importées), 1950, 1951 et 1952 (guerre de Corée : stockage et hausse des coûts des transports) que l'indice des aliments pour le bétail a été supérieur à l'indice de l'ensemble des frais de production.

- 2) Utilisation croissante de produits phytopharmaceutiques, d'engrais, de plants et semences sélectionnés ; mécanisation et motorisation de plus en plus poussées, donnant parfois lieu à des dépenses irrationnelles dans les petites exploitations ; augmentation du capital d'exploitation emprunté : recours plus étendu à certains sous-produits de l'activité industrielle en vue de l'alimentation du bétail.

La diminution de l'étendue cultivée, des effectifs de la main-d'œuvre permanente, du volume des plants de pomme de terre importés, et l'accentuation souhaitée et réelle, bien que parfois contrariée par des conditions climatiques défavorables, de l'autarcie fourragère de nos exploitations ne suffisent pas pour neutraliser l'incidence des causes précitées.

C. — LE REVENU AGRICOLE ET HORTICOLE

Le revenu agricole et horticole est égal à la différence entre le rendement brut et les dépenses de production.

Entre 1948 et 1956, il a évolué comme suit :

	1.000.000 Fr.	Indice 1951-1952 = 100
1948	21.877,9	106
1949	19.539,9	95
1950	19.241,7	93
1951	21.170,2	102
1952	20.170,2	97
1953	21.768,0	105
1954	21.125,4	102
1955	21.215,0	103
1956	20.818,0	101

Au cours de la période examinée, le revenu nominal de l'agriculture et de l'horticulture atteint son sommet en 1948. Le niveau convenable des prix des produits de la terre compense, cette année, le déficit de production qui se manifeste toujours : il neutralise, et au-delà, l'incidence des prix des matières premières et services utilisés par l'agriculteur.

En 1949 et 1950, bien que le volume produit dépasse celui de l'avant-guerre, le revenu décroît. Les prix des produits sont à la baisse, mais l'indice des frais de production varie peu.

Dans la suite, ce dernier hausse constamment. A partir de 1949, l'index de disparité $\frac{\text{Index des prix des produits agricoles}}{\text{Index des frais de production}}$ ne cesse d'ailleurs d'être inférieur à l'unité.

En 1951 et 1952, les prix des produits agricoles suivent un mouvement ascendant et les quantités produites se présentent favorablement.

En 1953, le revenu agricole et horticole se rapproche du niveau enregistré en 1948 : les prix restent fermes durant le premier semestre, les quantités produites sont élevées, les dépenses de production consenties plus réduites qu'habituellement.

En 1954, il s'amointrit sous l'influence de la diminution des prix unitaires des produits, du déficit de rendement de certaines cultures attribuable aux aléas climatiques et, enfin, sous l'influence de l'accroissement des charges de production.

En 1955, la diminution des prix des denrées fournies par la culture ou l'élevage ainsi que l'augmentation unitaire et globale des dépenses de production ne sont pas compensées par un volume produit extrêmement satisfaisant.

En 1956, la production végétale souffre de conditions climatiques défavorables et les charges de production augmentent fortement.

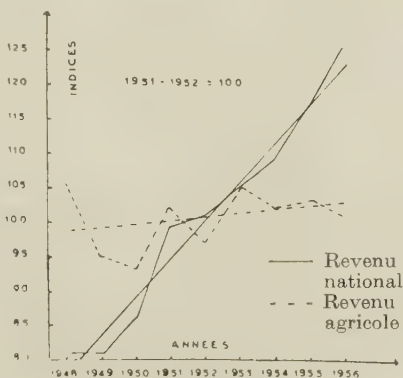
D. — RESUME ET CONCLUSIONS

Voir tableau 6 (pp. 398 et 399).

Grâce à l'accroissement du volume de sa production (accroissement dû principalement à l'augmentation des rendements des unités techniques : ha de terre ou tête de bétail), notre secteur agricole et horticole parvient à accentuer sa participation à satisfaire les besoins en produits de la terre d'une population en légère expansion et dont le standard de vie ne cesse de s'améliorer. Sa production représente, au cours des dernières années, un pourcentage de plus en plus grand de la valeur des produits agricoles et horticoles consommés en Belgique (1948 : 70 % ; 1949 : 74 % ; 1950 : 77 % ; 1951 : 77 % ; 1952 : 79 % ; 1953 : 81 % ; 1954 : 80 % ; 1955 : 83 % ; 1956 : 83 %).

En dépit de la progression enregistrée des rendements physiques, le revenu, en prix courants, du secteur n'augmente en moyenne que de 85 millions de francs par année, au cours de la période 1948-1955, ce qui correspond à un taux moyen d'accroissement voisin de 0,41 % de la valeur du revenu moyen annuel obtenu en 1951-1952. Parallèlement, le revenu national a tendance à s'accroître de 5,50 % (voir graphique 3).

Il en résulte un amenuisement de la part du revenu agricole et horticole dans le revenu national.



GRAPHIQUE 3
Evolution de l'indice du revenu national
et l'indice du revenu agricole

TABLEAU 6
Evolution des recettes, des dépenses, des revenus et des prix

	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956
<i>Recettes de l'agriculture en francs courants :</i>									
1.000.000 F	35.125,2	33.076,9	33.831,2	37.255,6	38.027,4	38.413,2	38.829,3	38.825,0	39.358,0
indices (1951-1952 = 100)	93	88	90	99	101	102	103	103	105
<i>Recettes de l'horticulture en francs courants :</i>									
1.000.000 F	5.771,0	6.795,4	6.760,6	6.479,2	6.843,5	7.231,9	7.472,4	8.318,0	9.180,0
indices (1951-1952 = 100)	87	102	101	97	103	109	112	125	138
<i>Recettes de l'agriculture et de l'horticulture en fr. courants :</i>									
1.000.000 F	40.906,2	39.872,3	40.591,8	43.734,8	44.870,9	45.645,1	46.301,7	47.143,0	48.538,0
indices (1951-1952 = 100)	92	90	92	99	101	103	105	106	110
<i>Recettes de l'agriculture et de l'horticulture en fr. constants :</i>									
Indices :									
Prix de 1936-1938 (mêmes		104	110	113	113	117	116	120	120
Prix de 1951-1952 (per. de rel.)					101	108	110		
<i>Dépenses de l'agriculture et de l'horticulture en fr. courants :</i>									
1.000.000 F	19.028,3	20.332,4	21.350,1	22.564,6	24.700,7	23.877,1	25.176,3	25.928,0	28.136,0
indices (1951-1952 = 100)	81	86	90	95	105	101	107	110	119
<i>Revenus en prix courants :</i>									
Revenu national :									
1.000.000 F	255.770	254.870	273.620	311.860	320.990	331.790	346.070	366.220	395.500
indices (1951-1952 = 100)	81	81	86	99	101	105	109	116	125
indices (1953 = 100)	77	77	82	94	97	100	104	110	119

L'évolution différentielle de la productivité agricole et industrielle se trouve entre autres à la base de la modification structurelle du revenu national. On estime que, par référence à 1953, année de basse conjoncture, l'indice de l'activité industrielle atteint aujourd'hui le niveau 120. Les progrès de l'agriculture ne sont pas aussi marquants, ni surtout aussi constants. Les prix industriels et les prix agricoles ne suivent pas non plus des voies parallèles. L'index des prix de gros montre que le niveau moyen annuel des prix agricoles est plus élevé que celui des prix industriels jusqu'en 1951. Cette année et en 1952, l'inverse se manifeste. En 1953, la tendance initiale réapparaît. En 1955 et 1956, les prix industriels reprennent le dessus, bien que, conformément à la théorie de la productivité, on s'attendrait à ce que les prix agricoles évoluent à un palier relativement plus haut que les prix industriels.

*
**

Au cours des dernières années, notre agriculture n'a pas profité des effets de la prospérité du pays : la situation apparaîtrait plus mauvaise encore si on faisait abstraction de l'horticulture, mieux lotie que l'agriculture proprement dite.

*
**

Le pourcentage du revenu agricole dans le revenu national est resté inférieur à ce qu'il était en 1938 et fort en dessous du pourcentage de la population vivant de la culture et (ou) de l'élevage (en 1947 : 12 % des travailleurs en tiraient leur subsistance et celle de leur famille : il y en a moins actuellement), ce qui a déterminé des disponibilités relativement faibles par habitant du secteur agricole.

Dans ces conditions, le cultivateur a dû emprunter pour mettre, autant que possible, son entreprise au diapason des exigences du progrès technique et de l'exploitation moderne. Les trois principaux organismes de crédit agricole du pays (Institut National de Crédit agricole — Comptoirs agricoles de la Caisse générale d'Epargne et de Retraite — Caisse centrale de Crédit rural du Boerenbond belge et Caisses Raiffeisen y affiliées) ont eu à faire face à des demandes croissantes. Leurs prêts en cours en fin d'année n'ont cessé d'augmenter et s'élevaient :

en 1948, à 2.776.494.000 F	en 1953, à 5.180.490.000 F
en 1949, à 3.725.242.000 F	en 1954, à 5.811.667.000 F
en 1950, à 4.244.865.000 F	en 1955, à 6.370.184.000 F
en 1951, à 4.301.849.000 F	en 1956, à 7.106.187.000 F.
en 1952, à 4.634.536.000 F	

L'augmentation des emprunts effectués par les agriculteurs s'est trouvée en relation avec le lent accroissement de leur revenu nominal combiné avec la nécessité de la modernisation : elle est davantage encore explicitée par l'évolution de leur revenu réel (tableau 6).

*
**

Actuellement, notre agriculture se présente un peu comme le secteur essoufflé de notre complexe économique, en dépit des efforts réalisés pour la maintenir viable.

Elle est la victime de la concurrence de l'étranger, concurrence qui, sans doute, n'est pas toujours loyale.

Elle pâtit du coût élevé de certains biens d'équipement et les salaires grèvent lourdement les prix de revient de ses productions. L'agriculture, dont la productivité ne s'accroît qu'avec lenteur à cause de sa dépendance vis-à-vis de l'espace, vis-à-vis de cycles biologiques au déroulement peu modifiable, et vis-à-vis de facteurs climatiques qu'il lui faut subir, doit aligner la rémunération de la main-d'œuvre, à laquelle elle recourt, sur celle attribuée aux travailleurs des secteurs secondaire et tertiaire.

Elle suit avec peine la progression de notre régime de sécurité sociale.

Elle souffre du retard de son adaptation aux exigences les plus modernes d'exploitation.

Par suite de leur manque de disponibilités et malgré des possibilités de crédit et leur compétence, certains cultivateurs ne peuvent suivre le progrès d'assez près : ils doivent limiter leurs achats de biens d'équipement et de consommation. Soulignons, au passage, que comme l'agriculture nationale peut constituer un débouché important pour l'industrie, ce fait pourrait porter préjudice à cette dernière si ses possibilités d'exportation se restreignaient.

D'autre part, il y a, en Belgique, beaucoup de petites exploitations dont les faiblesses ne feront que s'accroître, car, le plus fréquemment, elles atteignent un degré élevé de production intensive. Elles souffrent d'un désavantage chronique en face de toute forme de progrès technique dont l'application entraîne des frais fixes. Elles sont aussi les victimes du chômage « déguisé » qui y sévit très souvent.

**

La politique économique générale doit être axée sur les principes que l'on considère comme déterminant l'optimum économique de la Nation ; il faut que chaque facteur de la production soit utilisé de la manière la plus favorable à la communauté. Cependant, les aspects sociaux de la vie d'un peuple ne doivent pas être négligés, car il n'est pas d'équilibre économique sans équilibre social. Il est sûr que l'élimination de petites exploitations agricoles, économiquement souhaitables, pose divers problèmes humains, les plus importants sans doute : reclassement d'une main-d'œuvre rendue disponible mais inexpérimentée en certains domaines de l'activité ; exode rural pouvant, en dépit des facilités actuelles de transport et de la faiblesse des distances en notre pays, se superposer à l'exode agricole ; inutilité soudaine d'une formation agricole acquise, avec peine toujours, à grands frais parfois ; adaptation d'individus à un mode de vie

nouveau : possibilités variables d'emploi offertes par l'industrie ou le secteur tertiaire ; etc... Dans le bilan de l'activité agricole, il ne faut pas négliger le capital humain ou en espèces cédé, lors de transferts professionnels, à l'industrie, au commerce ou à toute autre branche d'activité.

**

Dans un ordre d'idée comparable, ajoutons qu'aux inconvénients du morcellement cultural poussé, se superposent chez nous, pour bien des fermes, ceux du parcellement auxquels on tente actuellement, avec un retard considérable et, sans doute, trop peu de vigueur, de remédier.

**

Enfin, notre agriculture pâtit de son manque d'organisation économique. L'esprit individualiste de nos terriens les écarte le plus fréquemment de toute forme de coopération.

L'utilisation en commun du matériel agricole est fort peu pratiquée à la campagne. Pourtant, les coopératives qui y portent intérêt (C.U.M.A.) permettent, dans une certaine mesure, aux exploitations familiales, d'appliquer une des formes les plus spectaculaires du progrès technique. Le problème revêt de l'importance car l'entreprise qui ne peut assimiler ce dernier ne se maintiendra pas et sa disparition est certaine à plus ou moins brève échéance.

A l'achat de matières premières et d'équipement, nos cultivateurs doivent subir les prix de l'offre : ils se présentent désunis en face d'intermédiaires nombreux, tous à la recherche du plus grand profit.

A la vente de leurs produits, ils abandonnent les profits les plus intéressants à un système de distribution lourd et onéreux. De véritables coopératives, outre qu'elles contribuent à compresser les frais de vente (par la diminution du nombre des intermédiaires coûteux qu'elles remplacent et la réduction du coût des transports grâce au groupage des marchandises), provoquent une adaptation plus rapide et plus complète des prix à la consommation familiale aux prix perçus à la production. Il n'en est pas ainsi, aujourd'hui, en Belgique (tableau 7) :

TABLEAU 7

*Fluctuations relatives des prix
des produits reçus par les agriculteurs et des prix de détail
des produits alimentaires, au moins partiellement indigènes*

	1951	1952	1953	1954	1955	1956
Produits agricoles	+ 14,3 %	— 0,2 %	— 5,1 %	+ 0,7 %	- 7,1	+ 1,5 %
Produits alimentaires nationaux	+ 5,5 %	+ 3,7 %	— 1,8 %	+ 1,3 %	— 0,5 %	+ 3,6 %

Que, de 1950 à 1956, les prix à la production des produits agricoles aient baissé en moyenne de 0,65 % chaque année, alors que ceux à la consommation familiale haussaient de 2,10 %, prouve que le mal signalé depuis longtemps déjà, ne fait qu'empirer.

La coopération permet d'obtenir des prix de vente plus élevés que ceux consentis au cultivateur isolé. Elle rend réalisable l'organisation de services de prospection des marchés et l'offre régulière de produits de valeur marchande accrue, parce que plus uniformes et mieux présentés.

Les coopératives peuvent encore accroître l'efficacité de leur action si elles interviennent aussi dans la transformation des produits et si elles se chargent de l'éducation professionnelle de leurs membres.

Bien qu'elle ne constitue pas une panacée, on peut affirmer que l'action coopérative, qui procède d'un bel idéal, peut rendre d'immenses services à la société en général, à la classe agricole en particulier. Aussi, semble-t-il souhaitable que nos pouvoirs publics, conscients de l'imperfection des règles surannées de la législation présente, dote le pays d'un statut de la coopération agricole adapté aux circonstances économiques et sociales actuelles.

— — — — —

Considérations sur les qualités physiques, mécaniques et papetières du pin sylvestre ⁽¹⁾

par

A. MOTTET

Travail effectué sous l'égide de l'I.R.S.I.A. (Institut pour l'encouragement
de la Recherche scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture)

Parmi les industries utilisant le bois, la papeterie est l'une des plus prospères. La consommation et par le fait même la production du papier augmente d'année en année. La fabrication de pâtes et de papiers de qualité, répondant à une demande de plus en plus précise et de plus en plus exigeante, ne peut être obtenue que par l'utilisation d'un matériel adéquat et d'un personnel qualifié d'une part, et d'autre part, par l'organisation de recherches dans des laboratoires qualifiés. Dans le présent article, nous exposons succinctement les résultats obtenus au cours d'une année de travail en collaboration avec les Papeteries de Genval. Le but initial du travail était de rechercher une méthode rapide pour l'appréciation d'un lot de rondins de pins sylvestres destiné à la fabrication de pâte kraft. Les résultats obtenus démontrent à suffisance l'hétérogénéité du matériau bois. La variabilité de ses caractéristiques physiques, mécaniques et papetières pose au fabricant de pâte des problèmes nombreux et complexes. Seule l'organisation systématique de recherches peut y apporter une solution concrète. Le présent article relate les résultats d'un travail de laboratoire-type dans le domaine des pâtes kraft.

Au cours de l'année 1956, nous avons été amenés à rechercher les relations existant entre certaines propriétés du bois, à savoir sa densité, sa résistance à la flexion, à la compression et au choc et ses principales propriétés papetières, à savoir la résistance à la traction, à la déchirure,

(1) Conférence donnée à la tribune de l'A.B.E.M. (Association belge pour l'Etude et l'Emploi des Matériaux), le 27 mars 1957.

à l'éclatement ainsi que la main. Nous tenons toutefois à mettre le lecteur en garde en précisant que les considérations qui vont suivre se rapportent uniquement au pin sylvestre en tant que matière première utilisée pour la fabrication du papier Kraft. A priori, nous pouvons supposer que ces relations sont transposables à d'autres résineux. Nous ne les croyons pas applicables aux bois feuillus et en aucun cas aux mélanges de ces derniers.

Notre exposé comprendra les chapitres suivants :

1. — Matériel et normes d'essais.
2. — Essais physiques et mécaniques sur bois.
3. — Essais papetiers.
4. — Tentative d'explication du phénomène.
5. — Conclusions d'ordre pratique.

1. — MATERIEL ET NORMES D'ESSAI

Les essais ont porté sur :

- 30 rondins en provenance de Pologne, diamètre moyen : 16 cm ;
- 32 rondins en provenance de Finlande, diamètre moyen : 14,7 cm ;
- 37 rondins belges en provenance de Campine (1^{er} lot), diamètre moyen : 13,2 cm ;
- 40 rondins belges de diamètre plus faible, en provenance de Campine également (2^{me} lot), diamètre moyen : 11 cm.

Ces rondins ont été dédoublés dans le sens de la longueur par un trait de scie passant par l'axe. Une moitié a servi à la fabrication d'éprouvettes, l'autre a été déchiquetée en copeaux au moyen d'une coupeuse industrielle. Les éprouvettes ont été conditionnées à 20 °C et 65 % d'humidité, soit les conditions requises pour les essais de papier. Après trois semaines de séjour, l'humidité du bois s'équilibre aux environs de 12 %. Nous nous permettons de rappeler très succinctement quelques généralités sur les normes suivies.

Qu'entend-on par essais de flexion, de compression, de choc et mesures de densité et d'humidité ?

L'essai de flexion statique suivant la méthode internationale doit se réaliser sur des éprouvettes ayant 34 cm de longueur et une section transversale de 2 x 2 cm. Ces éprouvettes doivent être débitées parfaitement sur quartier. Elles doivent être exemptes de nœuds. La distance entre appuis mobiles est de 28 cm. La charge est appliquée au centre et agit tangentiellement aux accroissements annuels.

Le module de rupture F a été calculé par la formule $\frac{3 PL}{2 bh^2}$ dans laquelle P représente la charge à la rupture, L la distance entre appuis,

soit 28 cm, *b* la base et *h* la hauteur de l'éprouvette. Le résultat, dépendant de l'humidité du bois, doit être nécessairement ramené à 12 % d'humidité. Les cassures du type fibre tranchée sont éliminées.

L'essai de compression parallèle aux fibres, par la méthode internationale, se réalise sur des éprouvettes de 6 cm de longueur et 2 x 2 cm de section transversale. Le résultat varie également avec le taux d'humidité du bois et doit être ramené à 12 %.

L'essai de choc ou flexion dynamique se réalise sur des éprouvettes de 2 x 2 x 30 cm reposant sur 2 appuis écartés de 24 cm. La force vive absorbée par la rupture au moyen du mouton pendule est exprimée en kilogramme-mètre. Le coefficient de résilience *k* est obtenu par la formule d'homologie :

$$k = \frac{W}{bh^2}$$

Il traduit la résistance du bois au choc. Il est indépendant du taux d'humidité.

La mesure de densité à l'humidité de l'essai a été réalisée au moyen du voluménomètre à mercure de Breuil.

La mesure de l'humidité se fait à l'étuve à 103° ± 2°. Le degré d'humidité s'exprime en % du poids sec, par la formule

$$\frac{Ph - Po}{Po} \times 100 = h \%$$

Les essais papetiers comportent les opérations suivantes : réduction des copeaux en pâte après une cuisson du type industriel, lavage, classement, raffinage en Jokro à 150 t/min pendant 20, 40 et 60 min et enfin tirage des feuilles à la formette anglaise.

Trois essais de qualification ont été retenus, à savoir la résistance du papier à la déchirure et à la traction ainsi que l'évaluation de la main. La mesure de la résistance à l'éclatement, donne dans l'ensemble des résultats semblables à la traction. Nous n'avons donc pas jugé intéressant d'en faire mention.

En quoi consistent ces divers essais ?

L'essai de déchirure s'effectue au moyen de l'appareil Elmendorf. Celui-ci consiste en un pendule en forme de segment évidé monté, par roulement à billes, sur un pivot horizontal. Les éprouvettes ont 65 mm de longueur, la déchirure est amorcée sur 22 mm, la hauteur déchirée est donc de 43 mm. L'appareil est construit pour essayer 16 bandes de papier. En réalité, on effectue l'essai sur un nombre moindre, et, par règle de trois, on ramène le résultat à 16 bandes.

Le principe est basé sur la perte de force vive du pendule. En effet, si aucune éprouvette ne venait freiner sa chute, celui-ci atteindrait une

hauteur égale à celle de sa position de départ. La présence d'une résistance sur son trajet amène donc le secteur à une position inférieure. Une aiguille permet de repérer cette différence. Dans ces conditions, la graduation du secteur mobile donne directement en grammes la résistance à la déchirure pour une seule bande soit x . L'Indice 100 est donné par la formule :

$$\text{Indice 100} = \frac{x}{\text{poids au m}^2} \times 100$$

La résistance à la traction est mesurée sur des éprouvettes de 1,5 cm de largeur et de 10 cm de longueur.

L'indication de la charge de rupture en kg ne revêt un sens réel que si elle est accompagnée du poids au mètre carré. Aussi, la notion de longueur de rupture (L.R.) est une tentative pour se libérer de cette nécessité. On l'obtient par la formule suivante :

$$\text{L.R.} = \frac{1.000 \times R}{l \times p}$$

dans laquelle R représente l'effort de traction en grammes, l la largeur de l'éprouvette en mm, soit 15 et p le poids en m^2 en grammes. La L.R. peut donc se définir de la façon suivante : c'est la longueur en mètres d'une bande de papier de largeur quelconque mais constante, qui suspendue verticalement par l'une de ses extrémités se rompt sous son propre poids.

La main est l'expression de l'épaisseur divisée par le poids au mètre carré.

En ayant ainsi terminé avec les quelques généralités, nous pouvons passer à l'examen des résultats.

2. — ESSAIS PHYSIQUES ET MECANIKES SUR BOIS

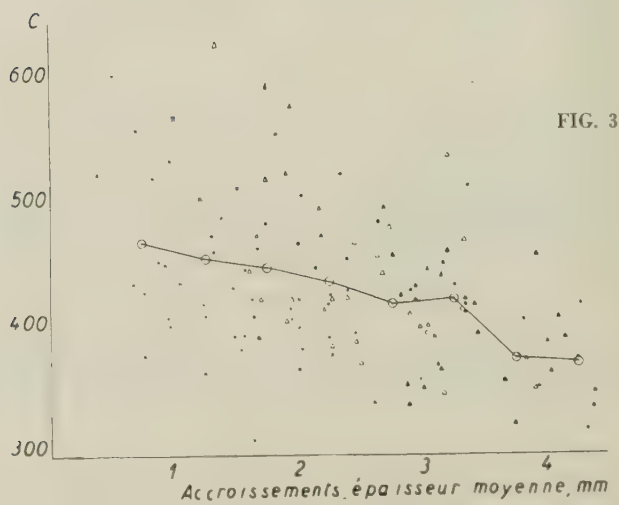
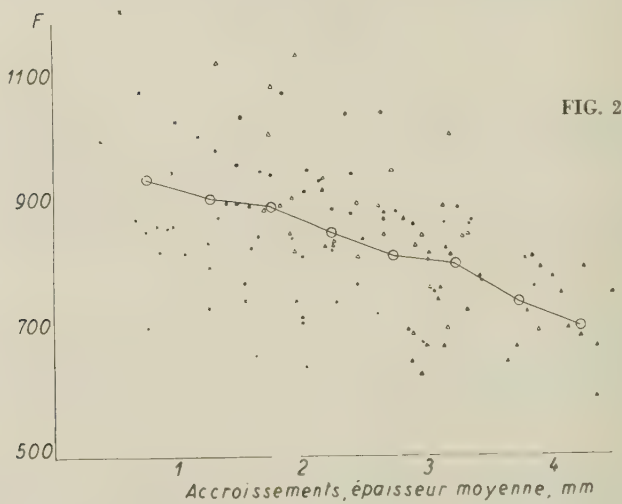
Il est intéressant d'analyser l'ensemble des résultats physiques et mécaniques.

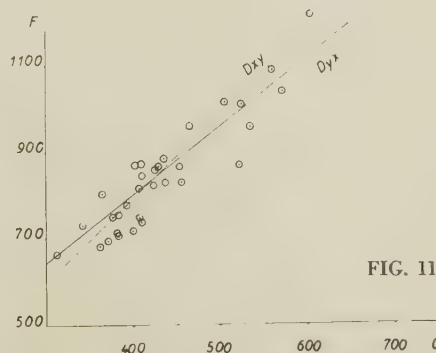
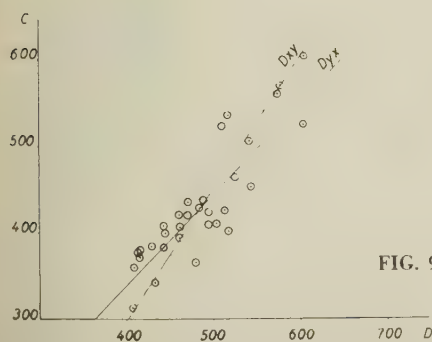
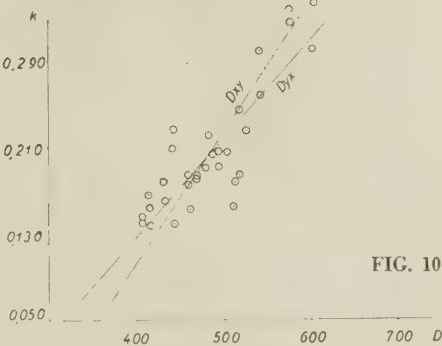
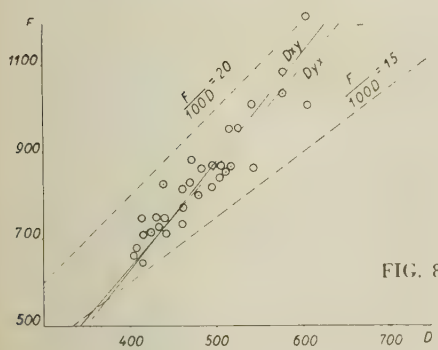
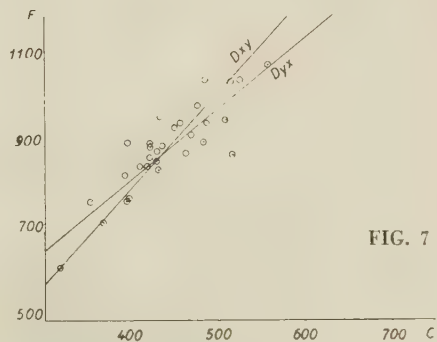
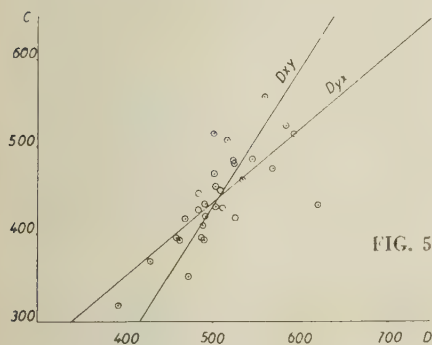
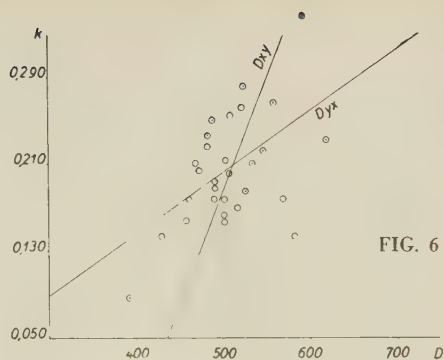
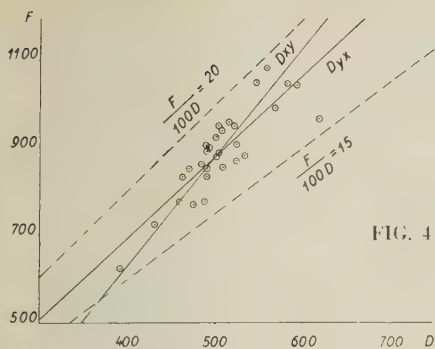
Examinons tout d'abord la relation entre l'épaisseur des accroissements et les caractéristiques : densité, flexion et compression, figures 1, 2 et 3.

Les courbes ont été établies en divisant l'échelle des largeurs d'accroissements en intervalles de classes de 0,5 mm et en calculant la caractéristique moyenne pour chaque intervalle de classe. Les légendes des graphiques 1 à 19 sont reportées en fin d'article.

On constate une grande dispersion des points.

Dans le cas de la flexion ou de la compression, on constate une augmentation de résistance pratiquement linéaire. La densité semble





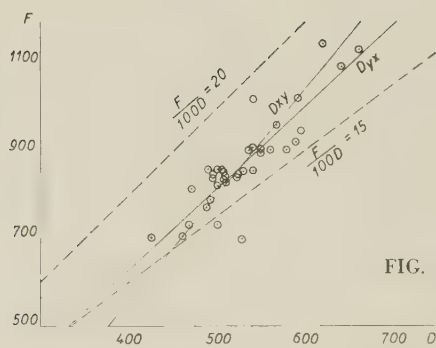


FIG. 12

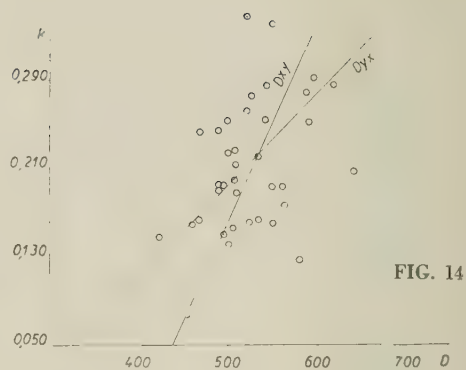


FIG. 14

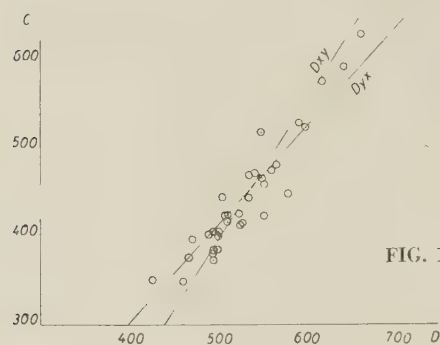


FIG. 13

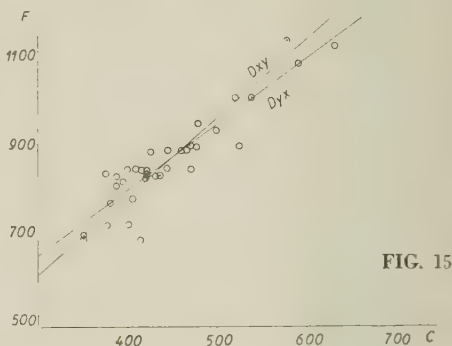


FIG. 15

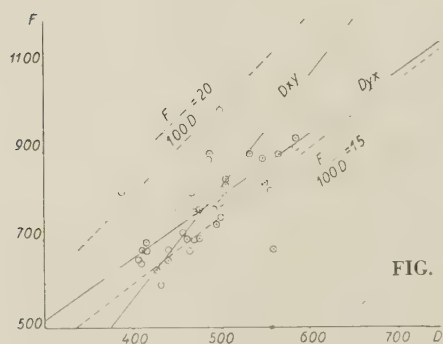


FIG. 16

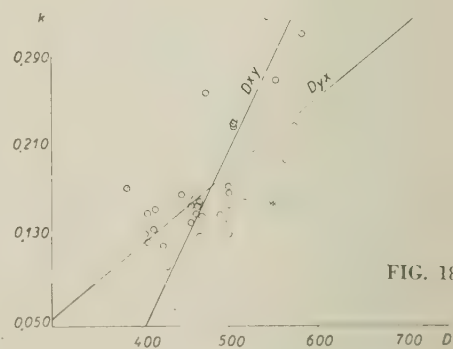


FIG. 18

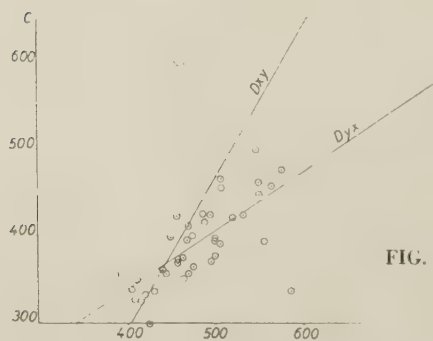


FIG. 17

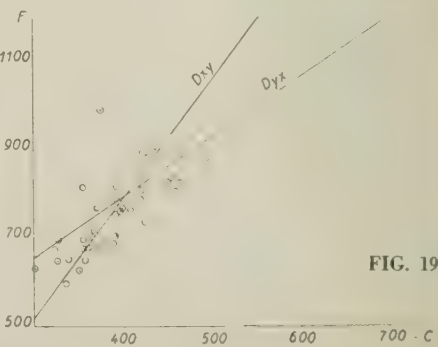


FIG. 19

passer par un maximum aux environs d'une épaisseur de cerne de 1,5 mm. Toutefois, il serait quelque peu osé d'en tirer des conclusions définitives.

Au sujet des relations existant entre la densité et les résistances à la flexion, à la compression et au choc d'une part et entre la compression et la flexion d'autre part, nous avons élaboré une série de graphiques représentés par les figures 4 à 19.

Nous avons calculé les droites de régression. Les coefficients de corrélation et test t sont repris au tableau I :

TABLEAU I

Nature du lot	Propriétés testées	Coeffic. de corrél. (r)	Test t
Pins de Pologne . . .	Densité $\times$ flexion	0,86	9,1
	Densité $\times$ compression	0,73	5,8
	Densité $\times$ choc	0,52	3,2
	Compression $\times$ flexion	0,87	9,4
Pins de Finlande . .	Densité $\times$ flexion	0,93	14,3
	Densité $\times$ compression	0,84	8,7
	Densité $\times$ choc	0,86	9,4
	Compression $\times$ flexion	0,95	16,6
Pins belges (1 ^{er} lot) .	Densité $\times$ flexion	0,88	11,2
	Densité $\times$ compression	0,86	9,9
	Densité $\times$ choc	0,65	5,1
	Compression $\times$ flexion	0,92	13,8
Pins belges (2 ^m lot) .	Densité $\times$ flexion	0,74	6,9
	Densité $\times$ compression	0,71	6,2
	Densité $\times$ choc	0,62	4,9
	Compression $\times$ flexion	0,76	7,2

On constate généralement une corrélation très élevée entre la résistance à la compression et la résistance à la flexion, suivent dans l'ordre, les relations densité $\times$ flexion

» $\times$ compression

» $\times$ choc.

Ces diverses relations sont nettement moins bonnes lorsqu'on descend en dessous d'un certain diamètre.

3. — ESSAIS PAPETIERS

a. — Pins de Pologne

Le schéma opératoire est du type factoriel. Les rondins ont été répartis en 9 groupes numérotés de 1 à 9 suivant le tableau IIa. La résistance au choc a été portée en abscisse, la résistance à la flexion en ordonnée.

TABLEAU II

1	2	3
4	5	6
7	8	9

(a)

Répartition des lots.

D = 0,550 F = 989 C = 490 k = 0,166	D = 0,527 F = 996 C = 467 k = 0,215	D = 0,566 F = 1.001 C = 492 k = 0,253
D = 0,501 F = 884 C = 423 k = 0,160	D = 0,516 F = 886 C = 439 k = 0,196	D = 0,506 F = 896 C = 436 k = 0,261
D = 0,441 F = 737 C = 364 k = 0,133	D = 0,481 F = 825 C = 409 k = 0,209	D = 0,484 F = 835 C = 447 k = 0,236

(b)

(Caractéristiques physiques et mécaniques moyennes du bois par lot.)

F ↑

D : 77 % L. R. : 115 % M : 96 %	D : 76 % L. R. : 110 % M : 94 %	D : 100 % L. R. : 100 % M : 100 %
D : 73 % L. R. : 118 % M : 95 %	D : 74 % L. R. : 111 % M : 96 %	D : 76 % L. R. : 113 % M : 95 %
D : 62 % L. R. : 134 % M : 88 %	D : 67 % L. R. : 125 % M : 91 %	D : 64 % L. R. : 127 % M : 91 %

→ k

(c)

Caractéristiques des papiers à 25 SR° exprimées en %, le n° 3 étant considéré comme équivalent à 100 %.

Une telle répartition a permis une étude statistique des résultats (1). En résumé, nous tirerons les conclusions suivantes :

- Au point de vue L.R.* : statistiquement l'effet flexion est hautement significatif, tandis que l'effet choc est simplement significatif. A des flexions élevées correspondront donc des tractions faibles.
- Au point de vue D* : la résistance à la déchirure augmente avec la résistance à la flexion. Statistiquement, l'effet flexion est significatif. L'effet choc n'est significatif qu'au niveau des flexions élevées.
- Au point de vue main* : le calcul statistique n'a pas été effectué, mais nous pouvons remarquer une tendance à la diminution lorsque la résistance du bois faiblit.

b. — Pins de Finlande — Pins belges 1^{er} et 2^e groupe

Pour des raisons d'ordre pratique, nous avons adopté un schéma opératoire quelque peu différent. Pour chacun de ces trois groupes, seule la résistance à la flexion a été prise en considération pour le groupement des rondins destinés à la fabrication de la pâte. Les détails sur les résistances moyennes des différents lots sont repris dans le tableau III.

On peut donc tirer les conclusions suivantes :

- Au point de vue L.R.* : on constate une relation entre la résistance à la flexion et la L.R. Cette dernière augmente lorsque la résistance à la flexion diminue. Le phénomène est nettement apparent pour les 3 groupes de bois étudiés.

(1) Nous en profitons pour remercier ici M. DEMUNTER, Docteur en Sciences mathématiques, Chargé de cours à l'Université d'Elisabethville, pour l'aide qu'il a bien voulu nous apporter au point de vue calcul statistique.

TABLEAU III

	N ^{os}	Flexion	Densité	Compres.	Choc (k)
Pins sylvestres de Finlande	1	1.073	0,581	553	0,321
	2	838	0,499	425	0,197
	3	697	0,415	357	0,151
Pins sylvestres belges (1 ^{er} groupe)	1	1.010	0,594	536	0,316
	2	855	0,514	423	0,211
	3	756	0,476	377	0,164
Pins sylvestres belges (2 ^{me} groupe)	1	881	0,545	458	0,256
	2	760	0,485	400	0,164
	3	652	0,419	327	0,130

(a)

	N ^{os}	D	L. R.	Main
Pins sylvestres de Finlande	1	100 %	100 %	100 %
	2	80 %	109 %	98 %
	3	69 %	115 %	93 %
Pins sylvestres belges (1 ^{er} groupe)	1	100 %	100 %	100 %
	2	92 %	105 %	98 %
	3	86 %	113 %	98 %
Pins sylvestres belges (2 ^{me} groupe)	1	100 %	100 %	100 %
	2	85 %	113 %	98 %
	3	78 %	116 %	93 %

(b)

Caractéristiques des papiers à 25 SR° exprimées en %, les n° 1 étant considérées comme équivalents à 100 %

- b) *Au point de vue D* : il est assez remarquable de constater l'augmentation de la résistance à la déchirure avec l'augmentation des diverses résistances du bois.
- c) *Au point de vue main* : les différences sont peu marquées, mais la tendance est à l'augmentation de la main avec la densité et la résistance du bois.

4. — TENTATIVE D'EXPLICATION DU PHENOMENE

Le phénomène est-il explicable ? Certainement à lueur d'un examen microscopique.

Le bois de pin sylvestre est composé de trachéides, de rayons et de canaux résinifères. Seuls les premiers éléments nous intéressent.

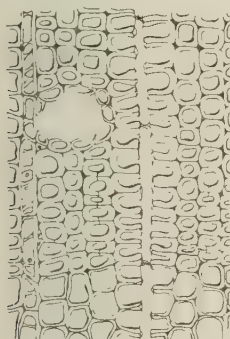


FIG. 20.
Coupe transversale
de pin sylvestre
(D'après Cl. Jacquot)

Sur la figure 20 que remarquons-nous ? Deux catégories bien distinctes de trachéides. D'une part, les trachéides du bois de printemps à parois minces, d'autre part, les trachéides d'été à parois épaisses.

Isolons 2 trachéides choisies parmi les extrêmes et examinons leur comportement dans le papier (figures 21-22).

Tout d'abord une trachéide du bois de printemps (figures 21 a-b), celle-ci apparaîtra sous une forme rubanée après affaissement des parois.

Il existe une bonne corrélation entre le coefficient de souplesse et la L.R. Ce coefficient est égal à $\frac{e}{E} \times 100 = S$. Dans le cas

présent, il est évident que le coefficient de souplesse est élevé. Ces fibres larges, à parois minces, présenteront dans le papier de larges surfaces de contact, favoriseront la résistance à la traction, à l'éclatement, donneront des papiers denses souples, peu poreux.

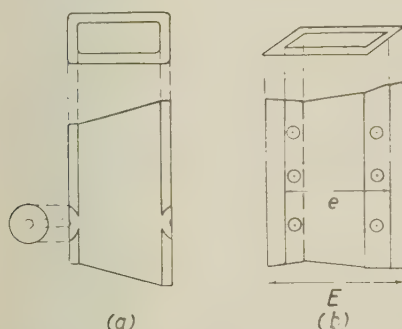


FIG. 21

- (a) Coupe transversale et tangentielle d'une trachéide du bois de printemps telle qu'elle se présente dans le bois
- (b) Vue transversale et longitudinale d'une trachéide du bois de printemps telle qu'elle apparaît dans la pâte

Passons ensuite à l'examen des trachéides d'été (fig. 22).



FIG. 22
Coupe
transversale

Leur forme est peu modifiée dans le papier où elles conservent une certaine raideur. Leur coefficient de feutrage $F = \frac{E}{L} \times 100$ dans

lequel L représente la longueur de la fibre est inversement proportionnel à la résistance à la déchirure. Toutefois, il nous semble que la corrélation entre le coefficient de feutrage et la résistance à la déchirure est moins bonne que celle existant entre le coefficient de souplesse et la L.R. A notre avis, l'épaisseur de la paroi des fibres doit jouer un rôle important dans cette résistance. Aussi, les trachéides du bois final apporteront au papier une bonne déchirure et lui donneront de la main et de la porosité.

Les proportions relatives de ces 2 types de fibres au sein d'un rondin de pin sylvestre en modifient donc les propriétés physiques, mécaniques et papetières. Il est évident que la densité est fonction de la quantité de matière par unité de volume et par conséquent de l'épaisseur des parois des trachéides. Il en va de même pour les propriétés physiques et mécaniques.

Remarque : A première vue, on pourrait donc conclure que les bois ayant des caractéristiques moyennes sont les mieux appropriés pour la fabrication de pâte Kraft. Cependant, si nous examinons la variation du produit $\frac{D \times L.R.}{1.000}$ (facteur F), nous constatons que celui-ci augmente avec la qualité du bois.

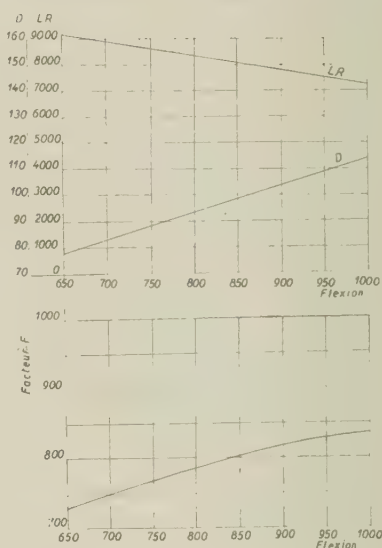


FIG. 23
Résistance à la déchirure (Indice 100),
L.R. et facteur F en fonction de la
résistance du bois à la flexion

5. — CONCLUSIONS PRATIQUES

1. Considérant les 4 échantillonnages correspondant aux pins polonais, finlandais et belges (1^{er} et 2^{me} groupe), il nous a paru intéressant d'évaluer les moyennes globales correspondant à chaque groupe ainsi que l'écart type et l'erreur standard. Ces différents paramètres ont été calculés à partir des résultats ramenés à 12 % d'humidité (tableau IV).

On remarquera que la mesure de la densité est la plus exacte. Pour en arriver à une précision égale dans la mesure de la résistance au choc, le nombre d'essais devrait être approximativement quadruplé.

2. — Quelles sont les caractéristiques intéressantes à retenir au point de vue papeterie ? Quel intérêt pratique la mesure des caractéristiques physiques et mécaniques peut-elle avoir pour un fabricant de pâte ?

TABLEAU IV

	Caractéristi- ques	Moyen- nes (M)	σ	2 σ M en % de M
Pins sylvestres de Pologne (30)	Densité	508	46	3,3
	Flexion	896	103	4,2
	Compression	441	54,3	4,5
	Choc (k)	0,199	0,052	9,5
Pins sylvestres de Finlande (32)	Densité	487	55	4,1
	Flexion	840	128,5	5,5
	Compression	435	69	5,6
	Choc (k)	0,206	0,057	9,9
Pins sylvestres belges (37)	Densité	532	49,6	3,1
	Flexion	875	105,7	4,0
	Compression	445	64,2	4,7
	Choc (k)	0,212	0,063	9,6
Petits pins sylvestres bel- ges (40)	Densité	484	52,8	3,5
	Flexion	726	95,9	4,2
	Compression	390	46,6	3,8
	Choc (k)	0,178	0,052	9,3

Examinons successivement les diverses caractéristiques mesurées.

a. — La densité

Avantages — la mesure en est assez rapide

— elle demande peu de matériel

— pour une précision déterminée, elle demande un nombre d'essais moins élevé

— les éprouvettes peuvent être obtenues facilement sans nœuds.

Inconvénients — on doit tenir compte de l'humidité du bois

- l'oxydation du bois ainsi que l'échauffure ne se traduisent pas nécessairement par une diminution de densité, mais déterminent certainement une perte de résistance du papier
- la présence de résine dans le bois peut augmenter artificiellement la densité sans toutefois affecter les résistances mécaniques et les propriétés du papier
- la microstructure des fibres peut avoir une influence déterminante sur les caractéristiques mécaniques du bois et du papier sans toutefois affecter la densité.

Conclusion — nous conseillons la détermination de la densité. Elle peut se faire en chantier sur rondins entiers, soit en laboratoire sur éprouvettes calibrées. Rapide et simple, elle apporte des renseignements intéressants.
On ne perdra toutefois pas de vue qu'elle est liée à l'humidité du bois.

b. — La résistance à la flexion

Avantages — lorsque sa mesure est accompagnée du diagramme, elle représente l'essai le plus complet
elle semble refléter, mieux que la densité, la valeur papetière du bois de pin sylvestre.

Inconvénients — pour une précision déterminée, elle demande un nombre d'essais un peu plus élevé que la mesure de la densité

- l'essai doit nécessairement être réalisé à une humidité déterminée (12 %) ce qui demande un conditionnement préalable
- il est parfois difficile de tirer d'un rondin de papeterie des éprouvettes de flexion parfaites sans nœuds
- les éprouvettes peuvent présenter des cassures défectueuses.

Conclusion — la résistance unitaire à la flexion du bois de pin sylvestre reflète assez sensiblement son aptitude à donner une pâte kraft ayant des qualités déterminées.

c. — La résistance à la compression

Avantages — l'essai demande peu de matériel, le conditionnement est rapide
tous les résultats sont valables, contrairement à l'essai de flexion.

- Inconvénients** — l'essai doit se faire à 12 % d'humidité d'où conditionnement des éprouvettes nécessaire
- l'échelle des valeurs en compression est relativement étroite, d'où difficulté d'apprécier et d'interpréter les différences entre moyennes appartenant à des lots de bois différents.

Conclusion — bien que présentant des avantages incontestables, l'essai de compression reflète moins fidèlement la valeur papetière d'un rondin que l'essai de flexion.

d. — La résistance au choc

Avantages — l'essai est rapide et est indépendant du taux d'humidité du bois

- un pendule développant 10 kg suffit.

Inconvénients — représente l'essai le moins précis, d'où pour arriver à une précision donnée demande un nombre d'éprouvettes 4 fois plus élevé que les autres essais.

Conclusion — bien que ne reflétant que très imparfaitement la valeur papetière d'un bois, l'essai peut parfois apporter des renseignements intéressants.

TABLEAU DES LEGENDES DES FIGURES 1 à 19

FIG. 1 : Densité en fonction de l'épaisseur moyenne des accroissements

- Pins sylvestres de Pologne
- × Pins sylvestres de Finlande
- △ Pins sylvestres belges de Campine
- ▲ Petits pins sylvestres belges de Campine

FIG. 2 : Résistance unitaire à la flexion en fonction de l'épaisseur moyenne des accroissements

- Pins sylvestres de Pologne
- × Pins sylvestres de Finlande
- △ Pins sylvestres belges de Campine
- ▲ Petits pins sylvestres belges de Campine

FIG. 3 : Résistance unitaire à la compression en fonction de l'épaisseur moyenne des accroissements

- Pins sylvestres de Pologne
- × Pins sylvestres de Finlande
- △ Pins sylvestres belges de Campine
- ▲ Petits pins sylvestres belges de Campine

FIG. 4 : Pins de Pologne : résistance unitaire à la flexion en fonction de la densité

FIG. 5 : Pins de Pologne : résistance unitaire à la compression en fonction de la densité

FIG. 6 : Pins de Pologne : coefficient de résilience k en fonction de la densité

- FIG. 7 : Pins de Pologne : résistance unitaire à la flexion en fonction de la résistance unitaire à la compression
- FIG. 8 : Pins de Finlande : résistance unitaire à la flexion en fonction de la densité
- FIG. 9 : Pins de Finlande : résistance unitaire à la compression en fonction de la densité
- FIG. 10 : Pins de Finlande : coefficient de résilience k en fonction de la densité
- FIG. 11 : Pins de Finlande : résistance unitaire à la flexion en fonction de la résistance unitaire à la compression
- FIG. 12 : Pins belges (1^{er} lot) : résistance unitaire à la flexion en fonction de la densité
- FIG. 13 : Pins belges (1^{er} lot) : résistance unitaire à la compression en fonction de la densité
- FIG. 14 : Pins belges (1^{er} lot) : coefficient de résilience k en fonction de la densité
- FIG. 15 : Pins belges (1^{er} lot) : résistance unitaire à la flexion en fonction de la densité
- FIG. 16 : Pins belges (2^{me} lot) : résistance unitaire à la flexion en fonction de la densité
- FIG. 17 : Pins belges (2^{me} lot) : résistance unitaire à la compression en fonction de la densité
- FIG. 18 : Pins belges (2^{me} lot) : coefficient de résilience k en fonction de la densité
- FIG. 19 : Pins belges (2^{me} lot) : résistance unitaire à la flexion en fonction de la résistance unitaire à la compression.

BIBLIOGRAPHIE

- FOUARGE, J. : Cours de Technologie du bois.
- JACQUIOT, Cl. : Atlas d'anatomie des bois des conifères. Centre Technique du bois, 14, avenue de Saint-Mandé, XII^e (1955).
- KOLLMANN, F. (1951) : Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe Zweite Auflage. Erster band, München.

A propos des coulées pierreuses du plateau de Saint-Hubert-Nassogne Principaux résultats acquis depuis 1954 (*)

par

V. TONNARD

INTRODUCTION

Lorsque, en 1912, K. STAMM attribua les premières coulées de blocs signalées en Belgique — les coulées des fonds de vallées des Hautes-Fagnes — à une action glaciaire, il ouvrait une discussion assez serrée sur l'origine de ces formations. Cette discussion aboutit à la réfutation de son hypothèse pour faire place à l'idée encore actuelle d'une genèse sous des conditions périglaciaires.

Mais, en relisant les relations de ces polémiques, on se rend compte que les discussions ont porté sur un nombre extrêmement restreint de pierriers, comparé à la considérable fréquence de formations semblables dans cette même région des Hautes-Fagnes et ailleurs. Si, à cette époque, au lieu de limiter la discussion aux quelques coulées alors décrites, on avait eu l'occasion de l'étendre à d'autres phénomènes actuellement connus, des résultats positifs eussent été beaucoup plus rapidement acquis. Mais on considérait alors les coulées pierreuses comme un fait assez rare et on s'est laissé hypnotiser depuis par les coulées des Hautes-Fagnes. En fait, les formations pierreuses sont à ce point abondantes que le recensement et la description en sont loin d'être terminés. Toutes n'ont pas les mêmes caractères que celles des Hautes-Fagnes. De cette sorte, il est possible de retrouver les divers stades d'évolution d'une coulée. Nous les décrirons plus loin.

(*) Déposé à la rédaction le 14 octobre 1957.

Puisque ces formations — fréquentes et assez variées — sont considérées comme des reliques du périglaciaire, il est permis d'espérer que l'étude comparative de ces formes fossiles dans les pays tempérés et des formes actuellement en cours d'évolution dans les zones de haute latitude ou de haute altitude pourra faire entrevoir les conditions climatiques ayant régné lors de leur développement. En d'autres termes, l'étude des coulées boueuses pourra contribuer au pénible travail de la reconstitution paléoclimatique. Ce programme, qui peut paraître démesuré, est du domaine du possible. Il est formé de trois grandes phases :

- 1) l'étude des formations détritiques actuellement en cours d'élaboration dans les pays froids ou dans les régions montagneuses ;
- 2) l'étude des mêmes formations fossiles dans les pays tempérés ;
- 3) la synthèse et les essais de reconstitution climatiques.

On comprend que l'étude du deuxième point — que nous allons développer — ne fait pas double emploi avec celle du premier point auquel s'attachent surtout les cryopédologues. Les conditions de travail sont en effet foncièrement dissemblables. Les uns travaillent sur du matériel frais et complet et les autres sur du matériel fossile, le plus souvent profondément altéré ou amputé de parties importantes. On comprend donc que les méthodes soient différentes et justifient l'adhésion à des disciplines différentes.

**

On parlera ici, surtout, des méthodes de travail, autant que des résultats positifs acquis. Avant toutes choses, il est nécessaire de se forger des outils, de les essayer, de les tester et de se familiariser avec leurs facilités, leurs inconvénients, leurs fidélités ou leurs trahisons. Il est surtout indispensable d'apprendre à interpréter les résultats ainsi obtenus et à comparer entre eux, à titre de contrôle, les résultats acquis par des méthodes différentes. Des exemples illustrent évidemment l'application des méthodes.

**

On s'accorde généralement à admettre que, dans les pays non atteints par les glaciers quaternaires, le matériau grossier des coulées pierreuses (*) est engendré soit par le climat chaud et sec de la fin du tertiaire, soit par le cryoclastisme des glaciations. Le déplacement des produits ainsi engendrés peut se faire, en conditions périglaciaires, même sur une pente faible (3°), par le processus de solifluxion du à la permanence d'un sous-sol gelé (pergélisol) sous un sol alternativement gelé et dégelé (mollisol).

(*) Au sujet des noms donnés à ces formations pierreuses et à d'autres de diverses origines il faut signaler que, dans les langages populaires français et belge, règne une certaine confusion.

Ces coulées sont appelées, chez nous, des Marchets. En France, ce même terme, avec d'autres (Mares, Mardelles), désigne des zones humides plus ou moins circulaires du genre de celles qui sont appelées Viviers dans les Hautes-Fagnes et rattachées aux Pingos. (Confrontation orale avec le Professeur A. CAILLEUX de Paris).

Ces coulées élémentaires (1) descendant le flanc des vallées peuvent atteindre ainsi le thalweg des vallées et sont alors reprises par le régime hydrique particulier du périglaciaire.

Quelles relations existe-t-il entre la structure intime ou en masse de la roche-origine d'une part et les divers aspects de la coulée étalée d'autre part ; quelle est la signification de la granulométrie d'une coulée, de la disposition, de l'orientation individuelle des blocs ; comment tenter de dater le phénomène et quant à la formation des débris et quant à leur déplacement car rien ne prouve que la phase de défonçage de l'affleurement (même par cryoclastisme) soit contemporaine de la phase de déblaiement ; quelle est la signification des différentes observations que l'on peut faire sur les sédiments fins qui accompagnent les blocs grossiers ? Voilà toute une série de questions pour lesquelles des hypothèses contradictoires ont été émises, ou qui sont restées sans solutions, ou qui n'ont pas encore été posées. C'est à ces points plus particuliers que nous voudrions nous attacher.

LE REPERAGE DES COULEES PIERREUSES

Une étude un peu complète, doit se baser sur l'observation du plus grand nombre possible de coulées ; il importe donc de les découvrir.

Plusieurs sources sont utilisées. Le caractère parfois fantasmagorique des accumulations de blocs a suscité dans le folklore régional l'apparition **de légendes** qui, dans certains cas, précisent très exactement la toponymie des phénomènes auxquels elles se rapportent. (Ex. : la légende du Mousny). Des légendes, le renom des pierriers est évidemment passé dans les noms **de lieux-dits**. En se rendant à ce que les habitants de l'endroit appellent les « marchets », le « bois de derrière les marchets », la « pierre du Diable », il y a beaucoup de chance de découvrir l'une ou l'autre manifestation pierreuse dont il reste évidemment à établir le caractère naturel ou anthropique. (Exemple : le Marchet du Thiers des Grippes). A ce sujet, la section toponymie de l'I.G.M. nous a été d'un très grand secours.

La **lecture des cartes** (géologiques, pédologiques, phytosociologiques) est en général assez décevante car ces documents sont dressées dans des buts très différents ou sont encore trop peu nombreux. Cependant, l'interprétation de la carte géologique, accompagnée d'une étude géomorphologique peut délimiter des zones favorables à la formation de coulées boueuses. (Exemple : autour de l'anticlinal de Halleux où des quartzites Sg₁ dominent des schistes et grauwackes Sg₂).

Mais la méthode de prospection la plus précieuse est la **photogrammétrie**. La simple vision stéréoscopique qui peut être obtenue au stéréoscope n'est pas toujours suffisante pour l'interprétation de détail. Pendant un stage à l'Institut géographique militaire nous avons eu la bonne fortune de disposer d'un Poivillier pour diapositives. Avec ce stéréorestituteur, les formations détritiques importantes apparaissent distinctement sur le cliché. Les blocs de plus de 2 m³, en espaces vides, sont

individuellement visibles. Mais ceci n'est qu'un cas très particulier. Sous forêt, le pierrier se manifeste par une densité amoindrie du peuplement pouvant aller jusqu'à la trouée. Cet éclaircissement est souvent accompagné d'une dépression de la hauteur moyenne des arbres et d'une modification dans la répartition des essences (fréquence du chêne dans la hêtraie par exemple). L'aire des pierriers ainsi définie s'étire suivant la ligne de plus grande pente. Très souvent aussi, la tête de la formation est encore en contact avec un affleurement-origine. Le cas est général dans les coulées élémentaires. Le pierrier est parfois dense au point d'entraver la végétation arborescente. Il forme alors une trouée se distinguant des autres clairières par une teinte plus claire. Le pierrier se distingue aussi de la fange par sa position qui n'est pas liée à l'horizontale du plateau ou des replats et par l'absence des fossés de drainage.

C'est évidemment un travail long et patient que de passer en revue tous les couples couvrant une région naturelle comme les Ardennes. Mais les indices géologiques ou géomorphologiques peuvent plus spécialement désigner l'une ou l'autre zone à l'attention. La photo aérienne devient alors pour ce territoire un outil irremplaçable qui évite bien des tâtonnements et des courses inutiles. Cependant, cette méthode ne peut être utilisée seule car elle est loin d'être infaillible et le cliché ne peut jamais remplacer entièrement la carte topographique.

DIVISION DU TRAVAIL

On peut représenter un pierrier complet, en cours de formation, sous des conditions périglaciaires, de la manière suivante : Sur une pente d'ailleurs extrêmement variable, un *affleurement* a été altéré par un agent physique en fournissant des débris qui s'accumulent et forment un amas rocheux. Lorsque les conditions climatiques de la région et la granulométrie du matériel sont favorables, les débris s'étalent sous la forme d'une coulée boueuse. Cette coulée est formée de *blocs*, *partie grossière* et d'une *matrice* enveloppant ces blocs, *partie fine*. Lorsque les conditions périglaciaires sont révolues et font place à l'érosion normale, la coulée est soumise au lessivage facile dans sa masse très hétérométrique. La matrice fine s'éliminant, la formation se tasse, entraînant l'apparition d'un *microrelief* bien particulier. D'autre part, la *végétation* peut prendre pied sur ce substrat.

Les quatre grands points soulignés ici représentent les quatre grands chapitres de l'étude d'une coulée fossile : *Etude de la roche-mère* : *Etude du pierrier proprement dit* (c'est-à-dire ce qui subsiste après lessivage, la fraction grossière) : *Etude de la matrice fine* (le matériel d'accompagnement ou ce qu'on peut en retrouver) : *Etude des facteurs subséquents* : le relief et la végétation. De plus comme il est impossible d'étudier la coulée pour son propre compte, sans l'intégrer dans le paysage géologique et géomorphologique de la région où elle gît, on doit commencer par un *levé géologique de détail* et par une *étude géomorphologique* du site. Nous ne développerons pas ces deux derniers points qui sont propres à chaque région étudiée.

ETUDE DE LA ROCHE-MERE

Les classiques études d'altération des roches, fortement influencées par la morphologie normale de nos pays tempérés et chauds, insistent particulièrement sur l'altération chimique de la roche plutôt que sur son altération physique. Se rappelant que le cryoclastisme est avant tout une altération physique, on s'attachera surtout à l'étude des propriétés physiques et mécaniques de la roche.

Au point de vue **macroscopique**, nous avons particulièrement étudié l'influence du réseau diaclases-joints de stratification sur la granulométrie du pierrier engendré (influence sur la macrogélivation). Au point de vue **microscopique**, ont été particulièrement traitées, les questions de granulométrie et teneur en impuretés du sédiment (influence sur la microgélivation). Au point de vue **mécanique**, on a entamé les questions de dureté, résilience et résistance à l'écrasement.

Voici les résultats acquis jusqu'à présent :

- 1) Toutes autres choses étant égales d'ailleurs, les débris engendrés par une roche seront d'autant plus volumineux que la roche est à granulométrie homogène et fine. Cependant la moyenne granulométrique est de moindre importance que la plus ou moins grande homogénéité (*influence de l'hétérométrie granulométrique*).
- 2) Les roches anormalement riches en argile ou en impuretés ou en matériaux amorphes sont particulièrement gélives et peuvent être, de plus, profondément atteintes par les conditions d'altération normales de l'actuel ou du sub-actuel.
- 3) Les roches constituées d'éléments particulièrement gros — certains poudingues et brèches — engendrent des pierriers de granulométrie fortement hétérogène, de sorte qu'il *semble exister une certaine relation de cause à effet entre l'hétérogénéité de la roche-origine et l'hétérogénéité granulométrique du pierrier engendré*.
- 4) Contrairement à ce que l'on pouvait attendre, *le réseau stratification/diaclases de l'affleurement-origine n'influe que faiblement les graphiques granulométriques du pierrier engendré*.

Ces considérations semblent un peu académiques, mais elles gagnent en importance lorsque, plus loin, on se basera sur l'allure de la granulométrie d'une coulée pour augurer des conditions climatiques subies, à condition que les comparaisons puissent se faire entre des roches de compositions très semblables. Les points énoncés plus haut joueront alors le rôle de correctifs pour éviter qu'on n'attribue à des variations climatiques une particularité granulométrique qui ne serait due qu'à des conditions lithologiques originelles.

On a également pu souligner le caractère différentiel de l'altération par cryoclastisme; certaines roches jouent le rôle de roches dures, d'autres de roches tendres. Ces notions ne coïncident d'ailleurs pas nécessai-

rement avec les mêmes notions de la géomorphologie normale. Lors de l'étude des replats, ALEXANDRE est arrivé à des conclusions semblables et a même pu proposer une échelle des duretés relatives quaternaire et fin tertiaire (2).

LE PIERRIER PROPREMENT DIT

Il faut entendre par « pierrier » l'ensemble des éléments grossiers, des blocs de la coulée qui, le plus souvent à la suite du lessivage, sont dégagés de la matrice fine qui les emballait.

Le pierrier peut être étudié et a déjà été étudié à plusieurs points de vue : *constance de la lithologie, orientation des blocs, granulométrie des blocs.*

Nous ne dirons qu'un mot au sujet de la **constance lithologique** parce que les conditions d'étude sont assez rarement remplies. Il faut en effet disposer d'un pierrier dont l'affleurement est de nature lithologique mixte. On observe alors que la nature des coulées composantes reste constante jusque bien loin de l'affleurement-origine. Ceci prouve le déplacement uniforme suivant la ligne générale de plus grande pente, sans digitations.

L'orientation des blocs a déjà été étudiée par CAILLEUX de la manière suivante (3). Il définit la notion de bloc redressant et de bloc parallèle. Ce sont deux modalités de classification distinctes des blocs. Un bloc est classé redressant lorsque sa plus grande dimension dans un plan perpendiculaire au plan d'étalement du pierrier forme avec ce plan un angle de plus de 45° ; sinon il est classé abaissant. Un bloc est classé perpendiculaire lorsque sa plus grande dimension dans le plan d'étalement du pierrier forme avec la direction d'étirement de celui-ci un angle de plus de 45° ; sinon il est classé parallèle. Les résultats des observations de CAILLEUX sont réunies dans le tableau ci-après.

Nature	Pente	Relevants	Parallèles
Eboulis de pente	27 - 40°	30 - 42 %	—
Coulées torrentielles . . .	15 - 25°	—	25 - 54 %
Coulées liées au gel intense .	3 - 24°	63 - 94 %	68 - 90 %

Quelques remarques sont à faire au sujet de ce tableau :

- 1) Les limites données par CAILLEUX en ce qui concerne les pentes sont très prudentes. Nous avons trouvé des coulées périglaciaires développées sur des pentes de l'ordre de 2° .

- 2) Ces limites ne sont applicables qu'à des débris n'ayant aucune direction d'allongement ou d'applatissage, PISSART a pu le montrer sur des phyllades (4) ; nous l'avons observé sur des psammites.
- 3) Un certain doute subsiste dans le tableau de CAILLEUX aux points où il n'a pas indiqué de limites, d'où une indétermination lorsqu'il s'agit de classer une coulée inconnue à partir de telles mesures. C'est pourquoi on a préféré combiner les deux critères dans un même graphique à axes rectangulaires. La combinaison des limites portées sur chaque axe divise la surface totale en zones qu'un facile raisonnement, par éliminations successives, pourra affecter d'une signification plus précise,

Zone 1 : Coulée de blocailles liées au gel intense, à caractères bien développés ;

Zones 2 et 3 : Tendance aux caractères de la coulée de blocailles liée au gel intense ;

Zone 4 : Caractère torrentiel ;

Zone 5 : Caractère d'éboulis de pente (ou accumulation rocheuse sans déplacement)

Zone 6 : Zone d'indétermination.

Les caractères relevés dans chacune des coulées étudiées sur le plateau de Saint-Hubert-Nassogne ont été reportés sur le graphique (p. 439). Le tableau ci-joint en donne la synthèse (p. 428).

Remarquons les trois groupements nets qui se dégagent : *Périglacière* (I), *Torrentiel* (II), *Eboulis* (III).

Soulignons aussi que, dans le groupe (I), le caractère périglacière est dicté par la proportion de blocs relevant beaucoup plus que par la représentation des blocs parallèles.

La proportion des blocs relevant semble d'ailleurs être un bien meilleur critère que la proportion des blocs parallèles. Si, dans les coulées périglaciaires, on rapproche la représentation de ces deux classes de la pente générale, on observe que *le nombre de blocs parallèles à la pente a tendance à croître avec celle-ci*. Le test de Mann (liaison stochastique) établit d'ailleurs l'existence d'une telle tendance (*).

On a, de même, établi que cette tendance n'existe pas pour les blocs relevant.

Le même test appliqué aux éboulis ne décèle aucune tendance : ni positive ni négative.

Si les pentes sur lesquelles on observe généralement les coulées de blocs étaient assez constantes, la relation positive (fréquence des blocs parallèles

(*) Aucune des populations étudiées ne s'étant révélée à distribution gaussienne, il a paru préférable de rejeter tout test basé sur la normalité.

les/accrntuation de la pente) serait de peu d'importance. Mais les pentes observées varient entre 2° (limite inférieure observée dans la forêt de Saint-Michel) et 24° (limite supérieure proposée par A. CAILLEUX).

L'amplitude de ces observations, à première vue très considérable, se comprendra si on se rappelle que les coulées boueuses formées de deux

Relevants %	Parallèles %	Pente (degrés)	Lieu-dit	Repère
68	58	15	Carrière des Gripes	a
70	54	17		b
61	66	17		c
35	55	16	Pierrier de l'Ouest	d
40	43	12	Pierrier de la Tombe	e
53	33	17	Descente humide	f
41	60	17	Sous les Gripes	g
80	58	15		h
64	68	18	Fin de sous les Gripes	i
70	53	2	Grande coulée	j
81	64	3		k
67	60	2		l
69	71	14	Les Rabanys	m
40	53	11	Les 5 chênes	n
32	48	9		p
39	49	10	Grand pierrier de la Doneuse	r
37	50	10		s
64	70	17	Fin de la Doneuse	t
57	40	19	Ry du Roi	u
63	60	10		v
58	45	17		e
66	52	1	Confluence de Doneuse	w
70	64	2		x
62	68	7	Pierrier Est de Diglette	y
69	70	16	Pierrier Ouest de Diglette	z
71	64	14		α
67	81	19		β
78	66	13	Le Hêtre au Corbeau	γ
33	42	35	Eboulis de pente de Diglette	δ

constituants distincts — les blocs et la matière fine — peuvent en faire varier la proportion pour s'adapter à des pentes très variables. Si les pentes sont variables, nous venons de voir que la proportion des blocs parallèles est aussi variable. *Cette source de variation peut diminuer la créance accordée à ce critère pour lui préférer le critère des blocs relevant.*

Cependant, en différents points d'une même formation pierreuse, où la pente peut être considérée comme constante, et dans le but de mettre en évidence une évolution quelconque, ce critère peut garder toute sa valeur.

Les formations classées dans la zone 5 se situent sur des pentes incompatibles avec le développement d'éboulis (9 à 17° sauf $\hat{z} = 35^\circ$). Nous devons donc considérer que ces formes sont dues à la gélivation sur place et sont à rattacher aux « Felsenmeer » et « Block fields » où il n'y a pas de mouvement latéral appréciable.

Mais la simple distinction en deux classes n'est pas suffisante pour mettre en évidence, dans une même formation, des tendances à l'orientation. C'est pourquoi nous avons essayé de mesurer l'orientation des blocs par un *indice d'orientation* défini de la manière simple suivante :

c'est le rapport $\frac{l_1}{l_2}$ entre la plus grande longueur l_1 interceptée sur le bloc en place par une parallèle au sens d'étalement du pierrier et la plus grande longueur l_2 interceptée sur le même bloc par une perpendiculaire au sens d'étalement. On se rend compte que ce rapport est d'autant plus grand que le bloc a tendance à s'orienter parallèlement à la coulée. Mais comme ce rapport est influencé par la forme propre du bloc étudié, il ne trouvera sa réelle signification qu'à partir de l'étude de moyennes.

La première utilisation de cet indice a été de démontrer le bien fondé de la précaution de CAILLEUX lorsque celui-ci ne s'adressait qu'aux blocs les plus gros. On a pu en effet établir l'existence d'une liaison stochastique très hautement significative et positive entre la grosseur des blocs des coulées périglaciaires et leur tendance à prendre une position parallèle. Il faut souligner ici que nous avons eu la précaution de n'utiliser que des tests non paramétriques parce que tous les graphiques ont montré des populations granulométriques typiquement non gaussiennes. Il est donc sage de rejeter, dans l'étude granulométrique des pierriers, tout test statistique qui serait basé sur un critère de normalité. Cette liaison stochastique très hautement significative dans le cas d'une coulée périglaciaire n'existe pas dans le cas d'un éboulis de pente ni dans le cas d'une coulée torrentielle où elle est d'ailleurs négative. *En l'absence de tout autre critère, cette liaison est donc une preuve suffisante, mais non nécessaire, pour attribuer une coulée à un climat froid.*

Les fluctuations de la variable réduite L qui, dans le test de Mann, exprime la liaison entre la grosseur des blocs et leur tendance au parallélisme, en différents endroits d'un même pierrier peut aussi déceler des

modifications mineures. On peut observer que ces valeurs sont assez constantes en différents endroits d'une même coulée, mais peuvent être sensiblement modifiées, très localement, par un remaniement ultérieur. La valeur assez uniforme dans tout le pierrier montre que *le phénomène d'orientation débute assez tôt et reste constant*. Ceci ne veut pas dire que les blocs d'amont sont aussi bien orientés que les blocs d'aval. Pour étudier cette question, il faut revenir aux variations de l'indice d'orien-

tation $\frac{h_1}{h_2}$. C'est ainsi que plusieurs exemples nous ont montré que cet

indice augmentait assez rapidement depuis la tête de coulée pour atteindre une valeur maximale qui est sans doute en relation avec la pente. Il existe en effet une liaison positive, démontrée, entre la pente de la coulée et le nombre de blocs dénombrés parallèles selon la méthode de CAILLEUX.

C'est surtout TRICART (5) qui s'est consacré à l'étude de la **granulométrie** de la fraction grossière des pierriers, du moins quant aux considérations théoriques. La mesure granulométrique, dans une coulée boueuse, se heurte à de sérieuses difficultés qui proviennent en ordre principal de l'hétérogénéité et de l'énormité des sédiments à classer de telle sorte que leur déplacement est le plus souvent difficile sinon impossible.

Parmi plusieurs méthodes testées, deux se sont avérées assez fidèles pour être retenues : la méthode de la plus grande longueur quelconque et la méthode linéaire.

La méthode linéaire est celle qu'après plusieurs essais comparatifs nous avons finalement admise comme étant la plus efficace, la plus rapide et donnant les résultats les plus faciles à lire.

Voici le principe de la méthode, inspiré du comptage des minéraux en lame mince (6). Sur le pierrier, on matérialisera deux droites par deux cordes rectangulaires. La longueur totale des cordes est variable : entre 15 et 20 m. Pour chaque bloc rencontré par la corde, on mesure L_a , sa longueur apparente et (a), sa longueur interceptée par la corde. Pour chaque L_a , la somme des (a) correspondants donne la fréquence. Les résultats sont présentés par des graphiques à *base logarithmique* dont l'utilité n'est plus à démontrer dans la représentation des phénomènes de sédimentologie. La méthode métrique s'impose ici parce qu'elle est relativement rapide sur le terrain et n'exige pas le déplacement des blocs. Sa représentation logarithmique est très parlante et d'ailleurs susceptible d'amélioration par le calcul du mode et de la médiane. Nous avons vu que les blocs s'orientent différemment suivant l'origine de la coulée : l'orientation de la corde sur le terrain pourrait être quelconque si tous les blocs s'orientaient de la même façon : mais nous avons démontré que, dans une coulée boueuse, les plus gros blocs s'orientent de préférence aux petits. Si on plaçait la corde dans le sens d'orientation des plus gros blocs, on introduirait une surreprésentation de ceux-ci. Des essais comparatifs ont confirmé que les diagrammes obtenus varient en fonction de

l'orientation de la corde et dans le sens prévu par la liaison stochastique dont il a été fait mention ci-dessus. *C'est pourquoi on a décidé d'incliner la corde à 45° sur le sens d'étirement de la coulée.* Une autre corde est tendue à 90° sur la précédente. Les mesures faites le long des deux cordes sont cumulées. On espère ainsi compenser les erreurs qui seraient dues à un défaut d'orientation de la première corde.

Les graphiques fournis par plusieurs pierriers de même composition lithologique sont loin d'être semblables. Alors que certaines coulées ne présentent qu'un maximum, d'autres en présentent deux ou trois (graphiques n^{os} 7, 8 et 9). Avec TRICART (5), nous admettons, au vu de ces graphiques, que ces coulées, diverses aussi quant à leur stade d'évolution et leur position topographique, ont subi des conditions climatiques diverses. *Il faut très expressément souligner ici que ce n'est que parce que toutes les coulées étudiées sont formées d'un même matériau grossier (quartzites du Siegenien inférieur) et qu'on a pu prouver la faible influence du réseau diaclases/joints de stratification sur la granulométrie du pierrier qu'on peut admettre l'extension de l'opinion de TRICART.* Des conditions de travail aussi favorables doivent se rencontrer rarement.

L'étude de la fraction grossière de la coulée permet donc en résumé de déceler la nature de l'étalement de la formation (classement dans le tableau inspiré de la méthode de CAILLEUX et liaison stochastique) ; de préciser par l'étude des maxima granulométriques, le nombre et, par recoupement avec la morphologie du site, parfois la nature des phases d'altération subies par les blocs constitutifs ; enfin, on peut déceler, par une étude de détail, des remaniements ou des tendances à l'intérieur d'une même formation (variation de l'indice d'orientation l_1/l_2).

LE SEDIMENT D'ACCOMPAGNEMENT

Le sédiment d'accompagnement est souvent très rare dans une formation rocailleuse. La coulée boueuse, de matériel très hétérométrique, a été le siège d'un lessivage intense qui a éliminé presque totalement les plus fins éléments.

Il s'impose donc d'étudier ce sédiment partout où il peut être prélevé en place. *L'étude du microrelief de la coulée permet ici de déceler les quelques taches de matrice encore respectées par l'érosion interne.* Dans le présent travail, le matériau d'accompagnement est systématiquement étudié des points de vue granulométrique, minéralogique, morphologique, morphométrique, roentgenographique.

D'autres méthodes physiques, chimiques, physicochimiques ou même biologiques eussent pu être utilisées, mais un même opérateur ne peut appliquer toutes ces méthodes ni surtout les interpréter correctement.

La morphométrie a depuis longtemps déjà été utilisée par les sédimentologues américains. C'est à CAILLEUX (7) qu'elle doit un renou-

veau par la définition de l'indice d'émoissé du premier ordre $I = \frac{2}{L} r_1$ (r_1 = plus petit rayon de courbure, L : plus grand diamètre du grain ou galet étudié). On ne reprendra pas ici les détails d'application de la méthode exposée dans un article précédent (8).

On verra de suite que cet indice, très petit pour les grains peu usés va jusqu'à 1.000, théoriquement, pour les grains usés jusqu'au stade de la sphère. *En construisant la courbe cumulative indices d'émoissés/pourcents, on obtient une courbe dont les caractères sont typiques d'une usure donnée* (9).

Ces courbes se distinguent très bien les unes des autres lorsqu'on étudie des sédiments d'origines très différentes : marins, éoliens, fluviaux. Les crochets éventuels montrent le passage d'un type d'usure à un autre. Il n'en est plus de même entre des sédiments de même origine. Comme il faut alors étudier de très près des courbes cumulatives qui se ressemblent, on peut se demander si les crochets rencontrés, parfois nombreux, sont des remaniements réels ou ne sont que la conséquence d'un classement artificiel. Le nombre de cercle de référence sur la cible granulométrique (cf. article cité) est bien de 9, mais comme les grains étudiés ont des rayons assez semblables, le nombre de rayons disponibles tombe à 5 ou 6, ce qui entraîne un inévitable classement accidentel des grains. Ce classement se traduit par des crochets. Ceux-ci peuvent interférer avec des crochets dus à de réels remaniements. On peut d'ailleurs s'en convaincre en observant que *ces crochets se déplacent dans le graphique ou peuvent même disparaître si on modifie le grossissement employé*.

Il faut donc éliminer cette cause de classement artificiel et systématique des indices. On y arrivera dans la mesure du possible de la manière suivante. Pour les galets, au lieu d'utiliser la cible granulométrique, on emploiera les *matrices* dont se servent les mécaniciens pour la mesure des rayons de courbure des cames et arbres de transmission. Pour les grains de sable, on dessinera le contour du grain, soit à la chambre claire, soit au microprojecteur et on effectuera la mesure de L et r_1 sur l'image au moyen de *cibles complémentaires* tracées avec des rayons se suivant de deux en deux millimètres dont le plus petit rayon pair est dans l'une des cibles, le rayon impair étant dans l'autre. Ce travail se fait par transparence. Mais, de par son principe de mesure, la méthode de l'indice d'émoissé reste entachée d'un classement systématique. Elle peut aussi provoquer des erreurs accidentelles : on peut non seulement se tromper en mesurant le plus petit rayon de courbure, mais encore choisir un rayon qui n'est pas le plus petit (erreur pouvant atteindre 20 % des mesures). Ceci peut être à l'origine d'un nouveau crochet artificiel. C'est pourquoi, pour contrôler l'indice d'émoissé, nous avons utilisé un autre indice que nous avons appelé pour la cause, *indice de contrôle*. Il répond à la formule $C = \frac{S \times 2.000}{P \times R}$

où S = surface planimétrée
 P = périmètre curvimétré
 R = demi plus grand diamètre.

En exprimant ces valeurs en fonction de π et R , on verra que la projection d'une sphère, un cercle, reçoit la valeur maximale 1.000 et que cette valeur diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de cette limite d'usure. La circonférence est en effet la figure géométrique délimitant la plus grande surface dans le plus petit périmètre.

Pratiquement, on dessine le contour du grain au microprojecteur, on curvimètre le périmètre et on planimètre la surface.

Les courbes obtenues sont plus simples que les courbes de l'indice d'éroussé et les crochets ne se déplacent plus lorsqu'on modifie le grossissement de travail. *Ce ne sont donc pas des crochets artificiels.*

Les courbes de l'indice de contrôle (I.C.) ne peuvent cependant s'identifier entièrement avec celles de l'indice d'éroussé (I.E.) car si la limite supérieure est commune, il n'en est pas de même de la limite inférieure. Il faut en tenir compte dans l'interprétation.

Nous passerons les questions de préparation des sédiments, de montages optiques donnant les meilleurs rendements, des limites dimensionnelles de grains à utiliser, des numéros de tamis correspondants, qui sont autant de points très importants à envisager dans chaque étude de ce genre en fonction du type de sédiment étudié. Signalons seulement que le nombre de grains étudiés, de cinquante au début du travail fut successivement porté à 100 puis à 150.

Quels sont les résultats acquis jusqu'à présent par la recherche systématique des courbes cumulatives tant dans les profils de plateau que de pente ou dans le sédiment d'accompagnement des pierriers ?

Un point est à souligner dès le début : c'est *la relative simplicité des courbes obtenues*. Dans tous les sédiments étudiés sur le plateau de Saint-Hubert-Nassogne (plus de cinquante), on n'a trouvé en tout et pour tout que 3 types de courbes.

Elles ont été annotées de bas en haut a), b), c) (cf. graphiques nos 4, 6 et 12).

Voici le résumé actuel de ces résultats :

- 1) Il y a trois types de courbes morphométriques superposées dans l'ordre a), b), c).
- 2) Cet ordre est respecté tant dans les profils de plateaux que dans les profils de flancs de vallées et dans les produits d'alluvionnement.
- 3) Ces horizons morphométriques sont absolument indépendants des horizons pédologiques *actuels*.
- 4) Chaque fois que l'on retrouve des limons d'accompagnement dans les coulées de blocailles, ceux-ci présentent une courbe morphométrique

que du type c), c'est-à-dire la forme la plus récente et la moins remaniée. On possède donc déjà par cette observation, une donnée de chronologie relative, du moins pour certaines formations du plateau de Saint-Hubert - Nassogne.

Les résultats obtenus en **minéralogie** sont également très simples. On retrouve sur le plateau, très généralement, trois horizons minéralogiquement distincts sans lien aucun avec les horizons pédologiques actuels. Voici la caractérisation de ces trois horizons :

Horizon inférieur : minéraux ubiquistes, minéraux éoliens classiques (Hornblende verte, Staurotide, Epidote, Grenat) et minéraux éruptifs (Hornblende basaltique, Augite, Sphène et *Enstatite*). A cette famille s'associent des authigènes. Au-dessus de l'horizon qu'il appelait Horizon de végétation de Rocourt daté de l'inter Riss-Würm, GULLENTOPS (10) retrouve une association minéralogique tout à fait comparable. On pourrait donc dater cet horizon du début de Würm.

Horizon moyen : uniquement des minéraux ubiquistes, éoliens et authigènes sans aucun minéral éruptif.

Horizon supérieur : aux minéraux de l'horizon moyen s'ajoutent des éruptifs mais sans *Enstatite*.

Nous passerons tantôt à l'interprétation de ces données.

Au point de vue de la **morphoscopie**, rappelons les trois grandes classes ordinairement admises :

N.U. non usés.

E.L. émoussés luisants usés par l'eau courante.

R.M. ronds mats éoliens.

Dans les exemples de sédiments éoliens que présente CAILLEUX (11) on retrouve jusqu'à 92 ou 97 % de grains R.M. caractérisant un transport par le vent. Dans nos analyses morphoscopiques, nous sommes très loin de ce chiffre : les valeurs oscillent entre 60 et 70 %. Il ne semble pas impossible que l'on puisse mettre en parallèle cette observation et les travaux de DYLIK (12) qui remarque, dans les zones d'invololution due au gel, des minéraux altérés ou brisés par congélifraction. Des grains roulés par le transport éolien mais rebrisés par un gel ultérieur peuvent évidemment passer pour des grains N.U. Ceci expliquerait la forte proportion de grains N.U. dans nos analyses morphoscopiques et peut-être aussi les crochets de remaniement rencontrés dans les courbes cumulatives de la morphométrie. D'autant plus que l'horizon supérieur présente la plus grande proportion de R.M. et aussi la courbe morphométrique la plus simple. Or on admet souvent que les sédiments éoliens se déposent pour la plus grosse part en fin de phase glaciaire. Les sédiments ultimes de la dernière phase glaciaire n'ont guère eu l'occasion d'être remaniés par des gels subséquents : ils présentent donc les courbes les plus simples et les plus forts pourcentages de R.M.

Résumons les résultats obtenus en sédimentologie, en nous basant sur un profil bien connu au laboratoire de pédologie sous le nom d'objet IV de l'I.R.S.I.A. (13).

Il faut tout d'abord remarquer que les horizons pédologiques de ce profil si fréquemment décrits et qui ne seront pas repris ici ne coïncident aucunement avec les horizons définis du point de vue minéralogique ou morphométrique. Il n'y en a qu'un qui possède quelque rapport, c'est la formation connue sous le nom de *Fragipan*.

Morphométrie	Morphoscopie	Minéralogie	Radiographie	Chronologie
Courbe type c	R. M. : 68 %	éoliens authigènes éruptifs		W III
Courbe type b	R. M. : 62 %	éoliens authigènes	kaolinite	W II
Courbe type a	R. M. : 63 %	éoliens authigènes éruptifs enstatite	kaolinite	W I R-W

Toute la chronologie de cette formation se base sur la présence — d'ailleurs facile à déceler — des minéraux éruptifs et en particulier de l'Enstatite. GULLENTOPS a pu dater de façon satisfaisante un horizon de végétation qui contient cet éruptif : fin de l'inter Riss-Würm (10). Dans notre schéma du profil de plateau, ce minéral ne se trouve qu'à la partie supérieure du Fragipan. Comme celui-ci, avec son aspect feuilleté a dû être engendré sous des conditions climatiques où alternaient les périodes de sécheresse et d'humidité, comme d'autre part sa couleur indiquerait un climat un peu plus chaud que l'actuel, de même que sa teneur en argile un peu plus forte (B textural) je trouve que les conclusions de GULLENTOPS s'appliquent assez bien à cette partie du profil. Les autres divisions — en particulier le W III — coïncident de façon satisfaisante avec la chronologie présentée par GULLENTOPS.

ESSAIS DE CHRONOLOGIE

Voyons maintenant comment se disposent les éléments des coulées de blocailles par rapport aux horizons repères que nous venons de définir.

Sur le plateau presque horizontal, et à grande profondeur, on retrouve quelques gros blocs. Ils gisent sous le fragipan. *Ces mégalithes sont antérieurs à l'inter Riss-Würm* si on admet nos conclusions de tantôt.

L'érosion récente et très agressive des ruisseaux griffant la vieille pénélaine dégage actuellement ces blocs dont le caractère commun le plus frappant est le volume énorme. Ce volume, que nous appellerons le *maximum Riss* est traduit au graphique n° 8.

Les pierriers de blocs plus modestes se trouvent toujours en surface sauf dans le cas particulier des pierriers enfouis que nous envisagerons tantôt. Le limon d'accompagnement, lorsqu'on en retrouve, est toujours un limon caractérisé par la courbe morphométrique du type c). Bien que ce soit là un point d'observation utile, à lui seul il ne suffit pas pour certifier que le pierrier date de la phase d'apport ou de formation du sédiment c). En effet, il est probable que le pierrier a été lessivé des limons antérieurs types a) et b) pour faire place au dernier venu, le limon du type c).

Il faut donc chercher autre part une précision chronologique.

Ce sont les *pierriers enfouis* qui vont nous la donner. A la confluence de certains ruisseaux gisent, dans la vallée, des pierriers apparemment peu fournis parce que la plus grande partie de leurs blocs sont enfouis dans des sédiments grossiers d'allure torrentielle. La disposition de leurs blocs est celle d'un sédiment torrentiel.

A l'amont, on retrouve une coulée de flancs, normalement constituée, mais qui a ceci de particulier qu'elle semble remonter le flanc opposé de la vallée. Il est évident qu'une telle coulée a franchi le thalweg à la faveur d'un remblaiement. Par après, l'érosion normale a dégagé la vallée et les débris du pierrier se retrouvent enfouis dans les sédiments. Or, point important, les analyses morphométriques de ces sédiments donnent, dans l'ordre normal de superposition, les courbes a), b), c). Et c'est dans les sédiments caractérisés par la courbe c) que nous retrouvons les débris du pierrier démantelé à l'amont.

De ces observations nous pouvons conclure :

- 1) Entre chaque phase de dépôt ou de formation des sédiments fins caractérisés par les courbes morphométriques a) b) c), il y a eu une phase d'érosion normale sans quoi on ne retrouverait pas les sédiments dans l'ordre direct.
- 2) Comme les débris du pierrier ne se rencontrent que dans les sédiments de la courbe type c), il faut admettre que c'est au cours du dépôt de sédiments type c) qu'il a traversé la vallée colmatée. C'est cette phase qui a donc vu la plus forte activité de la solifluxion.

Nous pouvons enfin considérer que le phénomène de reptation des pierriers a joué dès le début du Würm, mais que seulement au dernier stade, le développement des coulées était tel qu'elles atteignaient les thalweg des vallées d'ailleurs fortement encombrées à cette époque.

Le déroulement chronologique des coulées pierreuses, tel que nous l'entrevoions à travers les résultats présentés ci-dessus et d'autres que faute de place nous ne pouvons développer ici est encore bien imparfait et prêterait à bien des critiques. *Il n'a d'ailleurs d'autre ambition que d'avoir une signification régionale exemplative. Il ne peut être étendu tel quel à toutes les régions de notre pays.*

On admet quatre (ou cinq) glaciations dans le quaternaire. Il est certain que les anciennes glaciations (Donau, Gunz, Mindell) ont vu se développer des éboulis rocheux et des coulées boueuses. Mais il est plus que probable aussi que le long interglaciaire Mindell-Riss a éliminé ces témoins, avec beaucoup d'autres, au point que la chronologie de ces périodes reste très confuse. Pour seul exemple on citera l'imprécision dans laquelle on est encore quant à la date des paléosols rubéfiés.

Une chose dont on est certain, c'est que l'inter Mindell-Riss fut chaud et humide, avec prédominance de l'érosion du type normal. La glaciation Riss va donc se développer dans un relief normal. Dans une avancée glaciaire, il faut toujours distinguer les deux phases consécutives : défoncement par cryoclastisme en période préglaciaire et phase de déblaiement par le glacier en période glaciaire. Chez nous, où nous n'avons connu que des conditions périglaciaires, seule la phase de défoncement s'est normalement déroulée. *Les blocs engendrés sont donc condamnés à rester sur place à moins que la solifluxion ne les prenne en charge.* Mais pour que se déclenche ce phénomène, il faut que la masse à déplacer soit suffisamment hétérométrique. Si l'altération par cryoclastisme des quartztophyllades et quartzites des Hautes-Fagnes a engendré un produit assez hétérométrique de blocs et de farine, par contre les quartzites de Saint-Michel n'ont engendré que des blocs. Pour que ceux-ci puissent se déplacer par solifluxion, il faut attendre l'apport d'une matrice fine étrangère qui sera amenée par les loess. On rencontre de tels blocs dans toute l'épaisseur des profils et à grande profondeur, pouvant aller jusqu'au contact avec la roche-mère, sous le fragipan. Ils sont antérieurs à l'horizon à Enstatites qui caractérise l'inter Riss-Würm. Deux traits importants de ces blocs sont à souligner : leur volume énorme, plusieurs m³, et leur position à la base des profils, noyés sous les limons de plateaux ou nichés dans des refuges géographiques en voie de dégagement actuel. *On peut en conclure que ces mégalithes sont des témoins rissiens ayant certainement échappé à l'action ultérieure de froid du Würm.* Un troisième fait intéressant, c'est que ces mégalithes ne sont jamais très éloignés de la roche-mère. Sans doute, les phénomènes de solifluxion sont-ils assez restreints pendant le Riss.

Il faut attendre le Würm, froid et humide pour voir un mouvement généralisé de solifluxion et la modification granulométrique des accumulations rocheuses rissiennes par le remaniement volumétrique des blocs et par l'apport d'une nouvelle matrice fine : le loess würmien. La période de déplacement maximum semble bien être contemporaine des dépôts ou de la formation des sédiments caractérisés par les courbes morphométriques du type c). C'est à ce moment, vraisemblablement au dernier

stade du Würm, que des pierriers très étalés ont pu franchir des vallées partiellement colmatées.

Suivant les modalités et l'intensité de l'érosion à caractère normal, pendant l'inter Riss-Würm et lors des interstades Würm, on peut distinguer trois cas principaux qui vont justifier les différentes formes d'accumulations rocheuses rencontrées sur le plateau de Saint-Hubert-Nassogne.

- 1) Sur le sommet presque horizontal du plateau, l'érosion est pratiquement nulle et les mégalithes Riss vont rester noyés dans le limon sans subir l'action du Würm. Ce sont les « pierres volantes » des sommets que les têtes de sources remontantes des ruisseaux dégagent en griffant la vieille pénéplaine et que des incendies forestiers révèlent de plus en plus nombreuses.
- 2) Là où la pente est un peu plus forte, l'érosion dégage les blocs, du moins en partie. Ils restent empâtés dans une matrice fine. Dans ces conditions, ils fluent par solifluxion (car la solifluxion peut jouer sur des pentes où l'érosion normale est inefficace). De plus, les blocs sont volumétriquement modifiés par les froids humides du Würm. C'est ainsi qu'on en arrive aux coulées bien organisées où les blocs s'orientent à peu près suivant les critères de CAILLEUX et où on retrouve parfois trois maxima granulométriques.
- 3) Si la pente permet une plus grande activité de l'érosion normale, sur les croupes des interfluvies, près des confluences, le milieu peu rétif qu'est l'accumulation des blocs est rapidement dénudé. Il est remanié, volumétriquement par les rigueurs du Würm, mais, faute de matrice fine, il est incapable de fluier.

Parmi les coulées du deuxième cas, les mieux organisées, on retrouve différents stades d'évolution : les coulées en dos d'âne, sur les sommets à topographie calme, les coulées élémentaires de versants ou les coulées organisées dans les thalweg.

En parcourant le plateau de Saint-Hubert-Nassogne, on peut retrouver ainsi les stades successifs d'une coulée boueuse : *l'accumulation rocheuse sans déplacement* (accumulation de la Doneuse) ; *la coulée en dos d'âne de plateau* (plain de Saint-Michel) ; *la coulée élémentaire de versant* (thiers des Grippe) ; *la coulée de blocs de thalweg* (vallée de la Palogne) ; enfin, *l'accumulation rocheuse de confluence* (confluence du ruisseau de la fange Dumont). Lorsque le régime normal a été définitivement acquis, les coulées boueuses ont été figées par lessivage de la matrice fine et se sont arrêtées à différents stades de leur évolution.

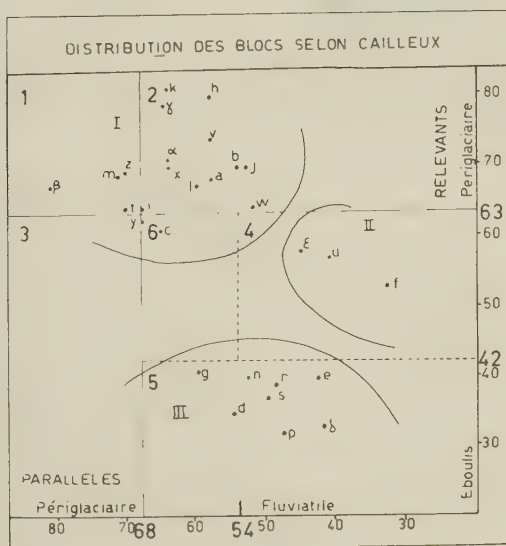
Terminons en faisant remarquer combien l'étude des coulées boueuses confirme cette opinion orale du Professeur CAILLEUX, à savoir que les modalités de la solifluxion dépendent essentiellement du matériau sur lequel elle se développe. Les quartzites taunusiens du plateau de Saint-Hubert-Nassogne n'engendrent que des blocs inertes. Pour les voir fluier par solifluxion, il faut attendre l'apport d'une matrice fine, d'un loess.

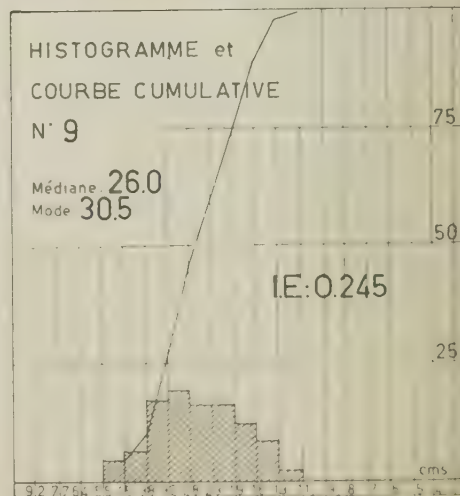
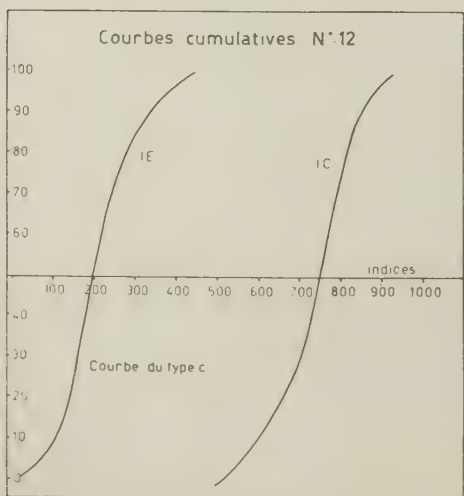
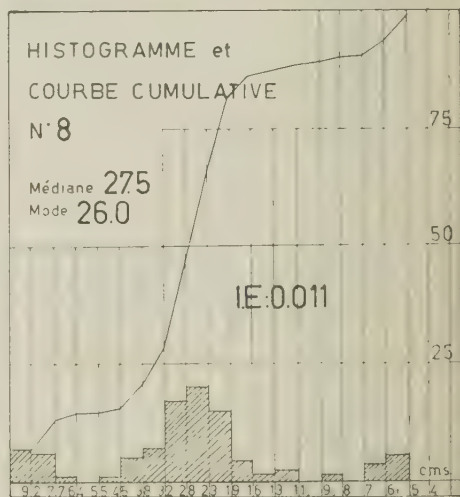
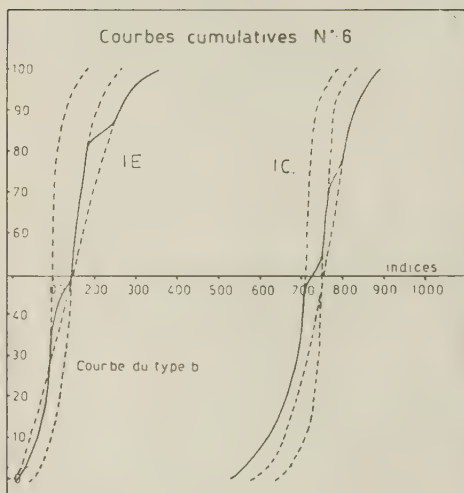
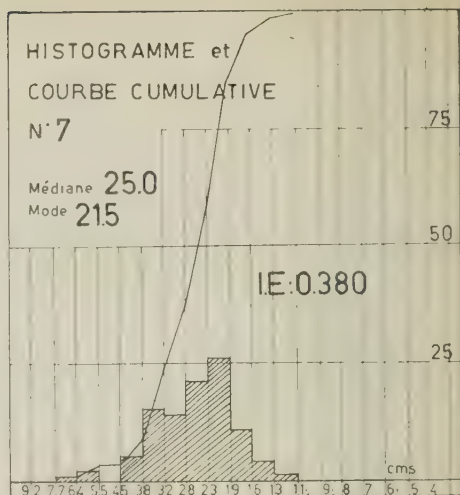
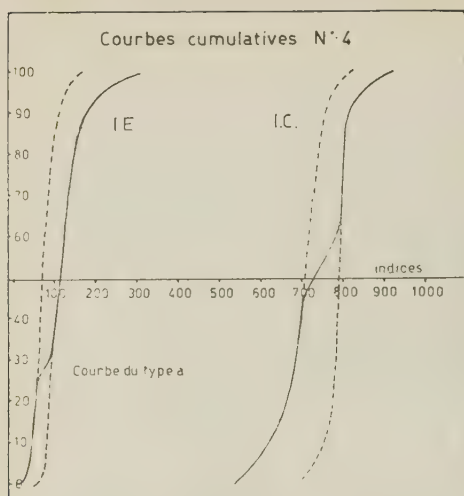
Par contre, sur le plateau des Hautes-Fagnes, ce sont des assises quartzieuses et quartzophylladeuses qui ont fourni le matériel argileux englobant les blocs. Sans attendre les dépôts éoliens, ces masses ont pu fluer par solifluxion. *Les coulées boueuses des Hautes-Fagnes doivent donc être plus évoluées que les coulées du plateau de Saint-Hubert-Nassogne.*

C'est ce qu'on observe en effet. Les coulées des Hautes-Fagnes sont toutes au stade de la coulée de thalweg ou de la coulée de confluence alors que la plupart des formations de Saint-Hubert-Nassogne ont été figées par l'érosion normale au stade de la coulée élémentaire de versant.

*
**

Je tiens à remercier particulièrement MM. les Professeurs Brasseur et Macar de Liège, M. le Professeur Cailleux de Paris et MM. les Professeurs Breny, Corin, Gerlache, G. Manil et Teghen de Gembloux qui ne me ménagent ni leur aide ni leurs conseils dans la poursuite du présent travail.





BIBLIOGRAPHIE

- (1) MACAR, P. : Les terrasses fluviales de la Haute-Belgique au quaternaire. — Prodrôme d'une description géologique de la Belgique. Vaillant-Carmanne, 1954.
 - (2) ALEXANDRE, J. : Commentaire de la Session extraordinaire de géologie. — Septembre 1957. En préparation.
 - (3) CAILLEUX, A. : Caractères distinctifs des coulées de blocailles liées au gel intense. — *C. R. sommaire de la Société géologique de France*, N^{os} 15-16, p. 323 (1947).
 - (4) FISSART, A. : Les coulées boueuses du plateau des Hautes-Fagnes. — *A.S.G.B. T. LXXVI* (1953).
 - (5) TRICART, J. : Cours de géomorphologie. Le modelé des climats froids. Le modelé périglaciaire. — C.D.U., Paris.
 - (6) CAILLEUX, A. : Granulométrie des formations à galets. La géologie des terrains récents dans l'ouest de l'Europe. — Session extraordinaire des Sociétés belges de Géologie. Bruxelles (1947).
 - (7) CAILLEUX, A. : L'indice d'émoussé des grains de sable et grès. — *Revue de géomorphologie dynamique*, T. 3-4, p. 78 (1950).
 - (8) TONNARD, V. : Sur la préparation des sédiments pour les analyses minéralogiques et morphoscopiques. — *Bulletin de l'Institut agronomique et des Stations de Recherches de Gembloux*, T. XXIV, n^o 1, 1956.
 - (9) GRAULICH, J. M. : L'emploi des courbes cumulatives dans l'étude de l'indice d'émoussé des galets. — *A.S.G.B. T. LXXIV*.
 - (10) GULLENTOPS, F. : Contributions à la chronologie du pléistocène et des formes du relief en Belgique. — *M.I.G.U.L.*, T. XVIII, p. 125 (1954).
 - (11) CAILLEUX, A. : Communication verbale (1957).
 - (12) DYLIK et KLATKA : Recherches microscopiques sur la désintégration périglaciaire. — *Bulletin de la Société des Sciences et Lettres de Lodz. Cl. III. Vol. III*, n^o 4 (1952).
 - (13) MANIL, G. et al. : Le plateau de Saint-Hubert-Nassogne. — *Bull. Inst. agron. et des Stations de Recherches de Gembloux*, T. XXI, n^{os} 3-4, pp. 42 (1953).
-

Livres reçus

HASENKAMP, Dr J. G. — Die Genauigkeit der systematischen Stichprobenahme bei forstliche Vorratsinventuren (La précision de l'échantillonnage systématique dans le cas des inventaires forestiers) — *Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Reinbek bei Hamburg*, n° 35, 1954 - 60 pp. de texte + 70 pp. de tableaux.

Après une courte étude bibliographique et critique de l'échantillonnage systématique, l'auteur considère les résultats obtenus dans 1.680 parcelles de 6 ares lors de l'inventaire partiel de plusieurs forêts d'essences et d'âges mélangés. En disposant judicieusement ces parcelles, il construit un peuplement théorique de 100,80 hectares, dans lequel il prélève un certain nombre d'échantillons de différents types.

Les principaux points étudiés sont : (1) la possibilité d'appliquer à l'échantillonnage systématique les formules établies pour l'échantillonnage au hasard ; (2) l'intensité d'échantillonnage ; (3) la répartition des parcelles ; (4) la possibilité d'appliquer l'analyse de la variance à l'échantillonnage systématique.

Diverses autres questions sont également envisagées, sur la base des résultats obtenus par l'auteur et des résultats publiés par Johnson et Hixon (*Journal of Forestry* 50, 1, 17, 1952) : estimation de la précision de divers éléments de l'inventaire (surface terrière et volume, pour tout le peuplement et par essences ; caractère des houppiers ; diamètre le plus fréquent) ; dimension des parcelles ; normalité des distributions des volumes et des surfaces terrières ; précision relative des échantillonnages strictement au hasard, stratifié et systématique.

P. DAGNELIE

FRAUENDORFER, Rudolf — Planung und Durchführung von Stichprobenahmen (Préparation et réalisation des inventaires par échantillonnage) — *Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Mariabrunn in Wien*, Nr 6, 1957 - 65 pp., 21 tableaux, 3 graphiques.

Après avoir rappelé brièvement le principe de l'échantillonnage au hasard, ses principales modalités d'application et les formules d'estimation de la précision, telles qu'elles sont présentées par Deming (*Some theory of sampling* - Wiley, New-York 1950), l'auteur expose les résultats obtenus lors de l'inventaire complet d'un hectare de futaie équienne mélangée à base de pin sylvestre, divisé en 100 parcelles d'un are. À partir de ces données, il construit et compare entre eux un certain nombre d'échantillons, en considérant le nombre de tiges, la surface terrière, l'épaisseur de l'écorce, la hauteur totale et la hauteur de la cime. L'auteur met principalement en évidence la supériorité de l'échantillonnage systématique sur l'échantillonnage aléatoire, au point de vue de la précision obtenue.

P. D.

ORGANISATION ET RATIONALISATION DE L'ANALYSE DES SOLS. Projet n° 156 publié par l'O.E.C.E., 2, rue André Pascal, Paris XVI^e (1956).

Cet ouvrage comporte trois parties essentielles :

1. Un résumé des conclusions et recommandations formulées pendant la semaine d'étude qui réunissait à Wageningen en 1955 une quarantaine d'experts de douze pays membres.

2. Un compte rendu d'une enquête menée dans ces différents pays par les Docteurs Rice Williams (Grande-Bretagne) et H. Riehm (Allemagne). Cette enquête portait sur l'échantillonnage des sols, les méthodes d'analyse, l'organisation des laboratoires et l'interprétation des résultats.
3. Un texte complet des communications présentées à la session d'étude.

Cette publication montre la grande diversité des méthodes de travail dans l'analyse des sols des pays prospectés.

Elle tente néanmoins de faire une synthèse qui intéressera particulièrement les vulgarisateurs dans leurs conseils aux agriculteurs, en matière de fumure.

G. HANOTIAUX

ERRATUM

SNEYERS, R. Climat et rendement de la betterave sucrière. *Bull. Inst. agron. et Stat. Rech. Gembloux*, **25**, 1-2, 1957.

La formule qui donne $\hat{\sigma}_r^2$ au bas de la p. 199 est erronée.

Il faut lire :

$$\hat{\sigma}_r^2 = \frac{lc \sum_i \sum_j (x_{ij})^2 - c \sum_j (\sum_i x_{ij})^2 - l \sum_i (\sum_j x_{ij})^2 + (\sum_i \sum_j x_{ij})^2}{lc(l-1)(c-1)}$$

Communiqué

PRIX GILBERT MULLIE DES SCIENCES AGRICOLES

Période quinquennale 1954-1958

Ce prix, d'un montant de 100.000 F, a pour but d'encourager les sciences agricoles dans le sens le plus large des termes, y compris les sciences naturelles appliquées, la technique, l'économie rurale, l'économie politique, la sociologie, le droit et l'histoire.

Il est décerné par le Comité directeur du Boerenbond belge sur avis d'une Commission composée d'hommes de science indépendants à désigner par le dit Comité.

La date extrême pour le dépôt des travaux est fixée au 31 décembre 1958.

Les intéressés peuvent obtenir la communication du règlement ainsi que tous renseignements complémentaires au Secrétariat général du Boerenbond belge, rue des Récollets, 24, à Louvain.



Table des Matières du Tome XXV, 1957

N^{os} 1-2.

<i>In memoriam.</i> — Georges BOUCKAERT †	3
ANTOINE, A. — La réduction des pertes à la conservation des fourrages .	9
BROUWERS, L. — Mesure de l'activité protéolytique et ammonifiante du sol	38
DAGNELIE, P. — Recherches sur la productivité des hêtraies d'Ardenne en relation avec les types phytosociologiques et les facteurs écologiques .	44
DERENNE, P. — Signification du test au chlorure de 2, 3, 5-triphényltétrazolium appliqué aux céréales en période de gel intense	95
MOËS, A. — L'action de la cystéamine chez l'orge	98
MOËS, A. — Mutants progressifs chez l'orge	108
MOTTET, A. et QUOILIN, J. — Variation de la longueur des trachéides et de l'épaisseur de leurs parois chez quelques résineux	116
NISEN, A. — Economie de combustible et constructions horticoles . . .	139
ROOSEN, P. — La teneur en eau des tiges de peupliers euraméricains en Belgique	179
Communiqué. — 2 ^{me} concours pour le prix Professeur Henri Zwaenepoel . .	197
SNEYERS, R. — Variations régionales et influences climatiques dans quelques rendements de la betterave sucrière en Belgique	198
TRZCINSKI, T. et DE MUNTER, P. — Etude de l'influence de la fumure sur la composition chimique et certains caractères physiques des feuilles du pommier	212
DEMORTIER, G. — Observations météorologiques de l'année 1956 . . .	253

N^{os} 3-4.

GERLAXHE, S. et CASIMIR, J. — Séparation par chromatoelectrorhéophorèse sur papier du saccharose, du glucose, du fructose et du sorbitol . . .	265
HANOTIAUX, G. — Contribution à l'étude physico-chimique et pédogénétique de sols bruns acides et formations voisines de l'Ardenne belge	269
JAMOTTE, P. et PIRAUX, E. — Indices de réfraction et caractéristiques de consistance des beurres belges	297
KIRCHMANN, R. — Etude expérimentale de l'influence de quelques facteurs sur le temps mort des tubes Geiger-Müller par la méthode des coïncidences retardées	329
LALOUX, R. — Essais de fumure au moyen de divers types d'engrais sur betteraves sucrières	339
LEDENT, A. — Considérations sur la productivité de l'agriculture belge . .	353
LEDENT, A. — Evolution récente de l'économie agricole belge	387
MOTTET, A. — Considérations sur les qualités physiques, mécaniques et papetières du pin sylvestre	404
TONNARD, V. — A propos des coulées pierreuses du plateau de Saint-Hubert-Nassogne. - Principaux résultats acquis depuis 1954	421
Livres reçus	442
Erratum au Tome XXV, n ^{os} 1-2, p. 199	443
Communiqué. — Prix Gilbert Mullie des Sciences agricoles - Période quinquennale 1954-1958	443
Table des matières du Tome XXV, 1957	444

Encyclopédie Agronomique et Vétérinaire

MANUEL DE L'AMELIORATION DES PLANTES

par V. LATHOUWERS

Docteur ès Sciences, Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat à Gembloux.

Tome I : L'Amélioration générale

En réimpression

Tome II : L'Amélioration du Froment, 580 pp., 66 fig.

150,00

LE CHENE PEDONCULE ET LE CHENE ROUVRE

Leur culture en Belgique

par A. POSKIN

Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.

1 vol. 283 pp., 54 fig., 1 carte en couleurs,

br., 65,00

PHYTOTECHNIE DE L'HEVEA — (HEVEA BRASILIENSIS)

Botanique — Amélioration — Culture et Exploitation

par M. FERRAND

*Ingénieur Agronome (A. I. Gx), Chef de la Division de l'Hevea de l'INEAC
Directeur du Centre de Recherches de l'Inst. de Rech. pour les Huiles de Palme
et Oléagineux de Paris.*

1 vol. 432 pp., 67 fig., 2 hors-textes

110,00

ELEMENTS DE MICROBIOLOGIE GENERALE ET AGRICOLE

par G. VERPLANCKE

Chargé de cours à l'Université de Gand et à l'Institut agronomique de Gand.

1 vol. in-8°, 328 pp., 105 fig.

Epuisé

LES BOVINS

par J. LAHAYE et J. MARCQ

Professeur à l'Ecole de médecine vétérinaire, à Cureghem. Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.

Tome I : La Connaissance du Bétail, 1 vol. in-8°, 208 pp., 166 fig.
130,00

Tome II : Vol. 1. Ethnographie. Hygiène. Reproduction. En réimpr.
Vol. 2. Alimentation, 1 vol. in-8°, 644 pp., 20 fig. En réimpr.

TRAITE DE PATHOLOGIE MEDICALE DES ANIMAUX DOMESTIQUES

par F. LIEGEOIS

Professeur à l'Ecole de médecine vétérinaire, à Cureghem.

1 vol. XXVI - 926 pp., 4° édition, 1955.

560,00

LA FERTILISATION DU SOL ET LES ENGRAIS

par R. MEURICE

Docteur en Sciences,

Directeur de la Station de Chimie et de Physique Agricoles de l'Etat, à Gembloux.

1 vol. in-8° ill., 280 pp.

Epuisé

TRAITE D'ECONOMIE RURALE

par A. DELOS

Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.

Tome I : La Terre, 1 vol. in-8°, 280 pp., 25 fig.,

br. 50,00

Tome II : Le Capital d'exploitation, 1 vol. in-8°, 372 pp.,

Epuisé

PRECIS DE DROIT VETERINAIRE

par F. LIEGEOIS

Professeur à l'Ecole de médecine vétérinaire, à Cureghem.

1 vol. in-8°, 332 pp.,

br. 60,00

TRAITE COMPLET D'AVICULTURE

par J. LAHAYE, J. MARCQ et E. CORDIEZ

Professeur à l'Ecole de médecine vétérinaire, à Cureghem. *Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.*

1 vol. in-8°, 660 pp., 219 fig., 9 hors-textes en quadrichromie, br. 375,00

LE CHEVAL

par J. MARCQ et J. LAHAYE

Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux. *Professeur à l'Ecole de médecine vétérinaire, à Cureghem.*

Tome I : Extérieur du Cheval, 304 pp., 193 fig.

br. 175,00

Tome II : Zootechnie spéciale. Alimentation. Hygiène. Amélioration.

br. 425,00

LA CANNE A SUCRE AUX ANTILLES FRANÇAISES

par J. GUILLAUME

Ingénieur, Chef de Fabrication aux Antilles.

1 vol. in-8°, IX-215 pp., fig.

br. 56,00

ELEMENTS DE PATHOLOGIE VEGETALE

appliquée à la Phytotechnie

par Em. MARCHAL

Professeur émérite à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.

P. MANIL et R. VANDERWALLE

Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux. *Chargé de cours à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.*

1 vol. in-8°, XXIV-540 pp., 205 fig.

br. 290,00

ELEMENTS DE PHYSIOLOGIE VEGETALE

Les bases scientifiques de la Phytotechnie

par Em. MARCHAL

Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.

1 vol. in-8°, XVI - 344 pp., 131 fig.

br. 225,00

TRAITE DE SYLVICULTURE

par A. POSKIN

Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.

1 vol. in-8°, 532 pp., 166 fig.

br. 260,00

A TRAVERS LES FORETS DE PINSAPO D'ANDALOUSIE
Etude de Dendrologie, de Sylviculture et d'Entomologie forestière.

par A. BARBEY

Expert forestier, Docteur ès-Sciences.

1 vol. in-8°, 110 pp., 41 pl.,

br. 40,00
